QC1
I68
1631

CONSEIL PERMANENT INTERNATIONAL POUR
L'EXPLORATION DE LA MER

RAPPORTS
ET
PROCÈS-VERBAUX DES RÉUNIONS

VOLUME LXXX

THE EFFECT UPON THE STOCK OF FISH OF THE CAPTURE OF UNDERSIZED FISH.

REPORTS OF THE PROCEEDINGS OF A SPECIAL MEETING
HELD ON JUNE 24TH 1932, AT COPENHAGEN

EN COMMISSION CHEZ
ANDR. FRED. HØST & FILS
COPENHAGUE

Prix: Kr. 3,75

750. XII. 32.

Décembre 1932

COPENHAGUE – IMPRIMERIE A/S L. IHRICH

CONTENTS

Preface by Henry G. Maurice

E. Ehrenbaum: Der Fang jugendlicher Heringe in seinem Einfluss auf die Heringsbestände ..... I.

Erich Fischer: Die Wirkung des Fanges untermassiger Fische auf den Bestand ..... II.

Alexander Bowman: The Effect on the Stock of the Capture of Undersized Fish. The Haddock Population of the North Sea Plateau III.

Aage J. C. Jensen: The Effect of the Plaice Fishery on the Stock of Undersized Plaice and its Influence on the Yield of the Plaice Fishery in the North Sea ..... IV.

H. Blegvad: The Effect on the Stock of the Capture of Undersized Plaice in Danish Waters inside the Skaw ..... V.

G. Gilson: Destruction of Young Fish on the Continental Coast ..... VI.

Adolf Bückmann: Die Frage nach der Zweckmässigkeit des Schutzes untermassiger Fische und die Voraussetzungen für ihre Beantwortung VII.

E. S. Russell: Is the Destruction of Undersized Fish by Trawling Prejudicial to the Stock? ..... VIII.

Johan Hjort: Remarks on the Fluctuations in Number and Growth in Marine Populations ..... IX.

PREFACE

This volume contains nine papers read at a Biological Scientific Meeting held at Copenhagen on the 24th June, 1932. The subject for discussion was the Effect upon the Stock of Fish of the Capture of Under-sized Fish. The authors of the papers approach this question from different angles, and in relation to the fisheries of which they have respectively had most experience. The discussion of the papers was inevitably brief, inasmuch as the meeting was limited to one day, but, when all the papers had been read, a general discussion took place, which led to the following conclusions:-

1) The natural history of the Herring, and the herring fisheries of the several countries have been intensively studied: and an intimate knowledge has been acquired of the biology of this fish, and of the composition of its shoals with regard to age, sex, maturity and origin. Furthermore, the catch of small herrings in Norway, Great Britain, Holland and Germany, and the trawl-fishery for herring, have been taken into careful consideration. According to our present knowledge it may be declared for the seas of Northern Europe — except the Baltic, for which our information is not sufficient — that:-

   The present method, and present extent, of capture of young herrings do not involve appreciable damage to the stock, nor (consequently) to the yield of the fisheries.

2) From the Council's study and investigation of the Haddock, the Meeting draws the conclusion that in the interest of the upkeep of the stock the present extent of capture of the younger year-classes is extremely undesirable: and that a considerable saving of these year-classes could be effected by the use of trawl-nets with larger mesh.

3) It is the considered opinion of the Meeting that investigation of the stock of Plaice in the southern North Sea has shown that an unrestricted fishery, especially on the so-called Nursery Grounds, is a danger to the maintenance of the marketable stock, and is likely to be followed by a diminution of the yield.

The size-limits, close-times and closed areas, formerly recommended by the International Council, were meant to guard against this danger. But a change has lately occurred in the state of affairs, in that steam-trawlers now keep off the nursery grounds, and the fishery is mainly carried out there by motor-cutters using the Danish seine and subject to a size-limit. It appears that the saving of the stock of plaice resulting from this change is sufficient for the present: provided that no new dangers arise, such as might come (for instance) from an increased demand for small undersized plaice for the fishmeal factories, or for other purposes.

Readers of the papers will agree that they form a valuable contribution to the discussion of a subject which is the chief preoccupation of those who are engaged in economic investigations of the sea fisheries.

HENRY G. MAURICE.

I

DER FANG JUGENDLICHER HERINGE IN SEINEM EINFLUSS AUF DIE HERINGSBESTÄNDE.

VON

E. EHRENBAUM, HAMBURG.

WENN man einen Einblick gewinnen will in die Beeinflussung und Beeinträchtigung der Heringsbestände durch starke fischereiliche Inanspruchnahme der Jugendformen, so sind die Verhältnisse der *norwegischen Heringsfischerei* hierfür ganz besonders geeignet.

Man nimmt im Allgemeinen auf Grund eingehender Untersuchungen an, dass der norwegische Hering eine einheitliche Form oder Rasse darstellt, die ihre ganze Entwicklung von der Larve bis zum geschlechtsreifen Fisch in den norwegischen Gewässern durchmacht. Die Laichgebiete dieses Herings, auf denen die laichenden Fische in der Form des Vaarsild alljährlich im Frühjahr in ungeheuren Mengen gefangen werden, liegen längs der Westküste von Kap Statt bis Lindesnäs. Von hier verbreiten sich die Larven und Jugendformen des 1. Jahrgangs über die norwegischen Küsten in ihrer ganzen Ausdehnung, indem sie in die Fjorde hineingehen und hier im *1. Lebensjahre* als mosse oder kril 7—14 cm lang werden und im *2. Jahre* als smaasild oder bladsild 13—20 cm, nämlich 16—18 cm an der Westküste und 14—15 im Norden. In seinem *3. Lebensjahr* erreicht der Hering als kleiner Fetthering eine Länge von 22 bis 23 cm — auch dies wieder im Norden später als im Süden — und zeigt jetzt mit dem allmählichen Herannahen der Geschlechtsreife eine Neigung, sich jeweils von der Küste zu entfernen. Er verschwindet tatsächlich in der Folgezeit und kehrt erst als geschlechtsreifer Vaarsild an die Küste zurück, um als Erstlaicher („recruitspawner") die Laichansammlungen zu vervollständingen. Er steht dann in seinem 5. bis 7. Lebensjahre und erscheint in der Zwischenzeit nur gelegentlich als grösserer Fettsild an der Küste; sein eigentliches Aufenthaltsgebiet scheint in diesen Jahren tatsächlich der offene Ozean zu sein, und man ist der Meinung, dass die Grösse und Güte des Fettsildfangs von der Entfernung der Aufenthaltsgebiete von der Küste und von den Besuchen der Fische an der Küste abhängt.

Dass es ausserdem noch einen storsild gibt, der aus den älteren Jahrgängen sich zusammensetzt, sei nur nebenbei erwähnt.

Bemerkenswert ist nun, dass dem Hering überall, wo er erscheint und erreichbar ist, und in allen seinen Altersstadien auf das eifrigste nachgestellt wird. In früheren Jahren waren es wesentlich nur storsild, vaarsild und fettsild, die der Fischerei zum Opfer fielen; der Kleinhering war für die Fischerei von geringem Interesse.

Hierin ist aber eine tiefgreifende Änderung eingetreten, seitdem nicht nur die Erfordernisse der Köderbeschaffung für die Angelfischerei sondern auch die sogen. Hermetikindustrie zwecks Ersatz für die oft fehlenden Brislinge die Bestände der Kleinheringe in Anspruch nehmen; und eine ganz unerwartet grosse Brandschatzung der Kleinheringe erfolgt, seitdem die *Heringstranfabriken* dieses Material für ihre Zwecke brauchbar gefunden haben. In den Jahren 1919 bis 23 wurden von 11 solchen grossen Fabriken in Nordnorwegen nicht weniger als 1 Million hl smaasild [1]) *jährlich* verarbeitet.

Das Jahr 1928, welches für die Fettsild- und Smaasild-Fischerei ganz besonders ertragreich gewesen ist, hatte einen Gesamtertrag von 2,447,000 hl dieser Heringssorten aufzuweisen, wovon 328,000 hl in die Hermetikfabriken und 1,815,000 hl in die Heringstranfabriken gingen! (vgl. Aarsberetning f. 1928, X p. 117).

Es ist begreiflich, dass bei einer derartigen Entwicklung des Fangbetriebes eine erhebliche Schädigung des Fanges der erwachsenen Heringe, an dem natürlich das Hauptinteresse der Fischerei hängt, befürchtet wurde, und dass sich die Fischereiverwaltung auf die Dauer dem Zwange nicht entziehen konnte, eine eingehende Untersuchung der Zusammenhänge in die Wege zu leiten mit dem Ziele, wirksame Schonmassnahmen zu erwägen und eventuell durchzuführen.

Die Folge war, dass der ausgezeichnete Sachverständige und gründlichste Kenner des norwegischen Herings und seiner Naturgeschichte und Fischerei, Fischereikonsulent E i n a r L e a mit der Durchführung solcher Untersuchungen betraut wurde.

---

[1]) d. h. Heringe bis zum Fettsild-Stadium, also bis zu 3-jährigen Fischen.

Dieser Forscher hat seit einer langen Reihe von Jahren immer wieder und auf das Nachdrücklichste darauf hingewiesen, dass die Wechselfälle oder *Fluktuationen* in der norwegischen Heringsfischerei — wie auch in anderen Fischereien — in der Hauptsache dadurch bedingt sind, dass die äusseren Verhältnisse, unter denen sich die Brut eines Jahres entwickelt, sehr stark wechseln und, obwohl im einzelnen sehr mangelhaft bekannt, in der Hauptsache darüber entscheiden, ob die Jahresbrut sich zu einem guten oder einem schlechten Jahrgang entwickelt. Davon hängt auch der mehr oder weniger günstige Ausfall der Fettsildfischerei ab; und da dieser Ausfall von jeher immer einem starken Wechsel unterworfen war, auch zu einer Zeit, als die Heringstranfabrikation aus mosse noch gar nicht existierte, so ist es nach L e a unberechtigt, diese Fabrikation für den Fehlschlag der Fettsildfischerei verantwortlich zu machen.

In ähnlicher Art erweist sich, dass die Erträge der Vaarsildfischerei seit einer Reihe von Jahren sehr gross ausfielen, gleichviel ob die voraufgehenden Jahre für die Fettsildfischerei gut oder schlecht gewesen waren. Der Frühjahrshering stellt sich an den Küsten zum Laichen ein, gleichviel ob der Fetthering in den voraufgehenden Jahren in den Fjorden fehlte oder nicht. Man darf daher nicht erwarten, durch eine Schonung der smaasild diese Fische als Fettsild oder Vaarsild wiederzufangen.

E. L e a hat noch einige andere Gründe geltend gemacht, weshalb der Einfluss der Befischung durch den Menschen beim Hering nicht überschätzt werden sollte. Der Hering tritt ebenso wie die verwandten Arten seiner Familie in so gewaltiger Individuenzahl auf, dass er in *der* Beziehung mit anderen durch den Fischfang bedrohten Fischen wie z. B. den Plattfischen nicht verglichen werden kann; auch bringt die grosse Rolle, die er in der Ökonomie des Meeres spielt, es mit sich, dass er von Raubfischen, Seevögeln und Meeressäugetieren aller Art in so ungeheuren Mengen gefressen wird, dass demgegenüber der Inanspruchnahme durch den Menschen immer sehr viel Raum gelassen wird.

Diese Inanspruchnahme konnte aber in den letzten Jahren so enorm gesteigert werden, dass z. B. für die Jahre 1928 und 1929 eine mehr als doppelt so grosse Gesamtausbeute verzeichnet wurde als im Mittel der Jahre 1909 bis 1913, wie die folgende Übersicht erkennen lässt. Offenbar war dabei auch die Aufnahmefähigkeit des Marktes von erheblicher Bedeutung.

Die Gesamtausbeute an in Norwegen gefangenen Heringen bezifferte sich nach Ausweis der internationalen Statistik in den hier angegebenen Jahren auf folgende Mengen (in Mill. kg).

						Mittel
1909—1913	265	246	271	249	293	265
1920—1924	311	260	340	311	281	301
1925—1929	331	390	443	565	580	462

Die Betrachtung dieser Ziffern lässt offenbar keine Möglichkeit, sie zu den Ausbeuten an kleinen und kleinsten Heringen in belastende Beziehung zu bringen, da beide eine — wenn auch nicht stetige — Zunahme erkennen lassen. Oben wurde erwähnt, dass in den Jahren 1919 bis 1923 eine besonders starke Verwendung von Smaasild zur Trangewinnung stattfand, nämlich etwa 1 Million hl jährlich. Eine Schädigung der Bestände an erwachsenen Heringen, die sich etwa 7 und mehr Jahre später hätte auswirken müssen, ist offenbar nicht erfolgt; vielmehr lassen die Jahre 1927 bis 1929 eine bisher nicht dagewesene Steigerung der Erträge an erwachsenen Heringen erkennen.

Auf Grund solcher und ähnlicher Erwägungen hat E. L e a geraten, *von einem völligen Verbot des Fanges von Jungheringen abzusehen*, zumal die wirtschaftlich sehr bedeutende Fabrikation von Heringstran durch ein solches Verbot ihres Rohstoffes beraubt und somit in hohem Masse geschädigt werden würde; und nicht allein das, auch die Küstenfischerei auf Junghering, welche der Hermetikindustrie einen wesentlichen Teil ihres Rohmaterials liefert, würde durch Schonvorschriften der gedachten Art empfindlich betroffen werden.

Die norwegische Fischereiverwaltung hat sich allerdings diesen Standpunkt nicht rückhaltlos zu eigen gemacht. Auch sie wollte die Heringstranfabrikation sowie die Hermetikindustrie nicht schädigen und dehnte ein Fangverbot für Junghering, welches sie im Sommer 1927 vielseitigen Wünschen der Praxis nachgebend in Kraft setzte, nur auf die sogenannte O-Gruppe, also Fische bis zu 10 und 11 cm Länge aus, während sie die für die genannte Industrie wichtigsten Angehörigen der I- und II-Gruppe (2. und 3. Lebensjahr) freiliess. Man durfte sich allerdings sagen, das Fangverbot in dieser Form wird zwar der grossen Heringsfischerei wenig Nutzen bringen, es kann aber bei der Geringwertigkeit des kleinsten Herings oder mosse doch Niemand schädigen.

Das im Sommer 1927 in Norwegen in Kraft getretene *Schongesetz für Jungheringe* bestimmt, dass eine 5 l Probe des Fanges die Zahl von 400 Individuen um nicht mehr als 50 Stück übersteigen darf, widrigenfalls der vorläufig gestängte d. h. noch im Wasser befindliche aber vom Netz umschlossene Fang wieder freizugeben ist.

Ein weiteres norwegisches Schongesetz, das erst am 1. Februar 1932 in Kraft getreten ist, verbietet das Einlegen von Kleinhering in Dosen für die Zeit von Februar bis Ende April (für Brisling vom 1. Januar bis Ende Mai). Damit soll die Qualität der Konserve geschützt werden, da die Fische in der angegebenen Zeit so trocken und mager sind, dass die Dosenware die übliche Qualität nicht erreichen würde.

Eins der grössten und ertragreichsten Heringsfanggebiete ist die *Nordsee;* und da auch hier Heringe in allen Grössen und Altersstufen gefangen werden, so ist wiederholt die Frage aufgewor-

fen und erörtert worden, ob diese Vernichtung grosser Mengen jugendlicher Heringe eine Schädigung der Bestände von erwachsenen zur Folge habe und erkennen lasse.

Allerdings handelt es sich im Nordseegebiet nicht um eine so einheitliche Form oder Rasse des Herings wie in den norwegischen Gewässern.

Wenn auch die Meinungen der Fischereibiologen über die Charakterisierung und Unterscheidung der verschiedenen Heringsformen der Nordsee noch immer geteilt sind, so kann man doch sagen, dass in der Hauptsache übereinstimmend angenommen wird, dass die in der westlichen Nordsee für die grossen Fangbetriebe mit Treibnetzen und Schleppnetzen in Betracht kommenden Bestände von erwachsenen Heringen sich folgendermassen zusammensetzen: im Nordwesten eine wechselnde Mischung von Frühjahrslaichern und Herbstlaichern; von denen erstere wahrscheinlich aus dem Gebiet westlich und östlich von Schottland stammen; ausserdem im mittleren und südlichen Teil der W.-Nordsee Herbst- und Winterlaicher, die z. Teil an den britischen Ostküsten und auf der Doggerbank, z. Teil am östlichen Eingang des Kanals und in inneren Teilen des Kanals laichen. Daneben spielen verschiedene an den Küsten laichende Frühjahrsheringe nur eine untergeordnete Rolle. Fischereilich können alle diese Heringe als einheitlich angesehen werden, namentlich auch im Hinblick darauf, dass ihre Larven und Jugendformen in bunter Mischung sich in der Nordsee aufhalten und durch die vorherrschenden Strömungen rings um die Nordsee herumgeführt werden.

Wenn diese Jugendformen, wie es tatsächlich der Fall ist, irgendwo in grossem Massstabe der Fischerei zum Opfer fallen, so werden durch diese Verluste alle genannten Heringsstämme mehr oder weniger gleichmässig betroffen, und man muss sich also die Frage vorlegen, in wieweit diese Beanspruchung den Grad einer Schädigung erreichen kann.

Über den Umfang, den die Vernichtung von Jugendformen des Herings in verschiedenen Küstengebieten der Nordsee erreicht, haben neben Anderen die holländischen Biologen J. J. Tesch und B. Havinga umfassende Untersuchungen angestellt und veröffentlicht [1]), aus denen folgende Ergebnisse hervorzuheben sind.

Holland: Seit Jahrzehnten wird überall in den holländischen Küstengewässern, in der Zuidersee sowohl als in den Südholländischen und Seeländischen Strömen den jungen — hauptsächlich einjährigen — Heringen nachgestellt, die man hier als *„bliek"* bezeichnet. In der Zuidersee bildet dieser Hering nur einen Bruchteil des Fanges von Brut (holländ. „nest"), der zwecks Gewinnung von Entenfutter betrieben wird, während man in den südholländischen Gewässern seit 1922 die jungen Heringe um ihrer selbst willen fängt, und zwar wesentlich nur, um aus den Schuppen die bekannte Perlenessenz zu gewinnen. Man rechnet, dass 50 kg Bliek 1 kg Schuppen liefern, wofür etwa 2½ holländ. Gulden bezahlt werden; die Fische selbst haben wenig Wert und erzielen gewöhnlich nur einen Preis von 1 cent für das kg. Die Fischerei findet hauptsächlich in der Zeit von Oktober bis März statt, und die besten Fänge werden im *Januar bis März* gemacht. Die im Sommer vorkommenden kleinen Bliek, welche in gleicher Weise verwertet werden, sind quantitativ von untergeordneter Bedeutung. Die Grösse des Fanges anzugeben ist einigermassen schwierig; als Mindestmenge werden für den Durchschnitt der 5 Jahre 1923—24 bis 1927—28: 1,5 Mill. kg genannt, was bei einer mittleren Länge von 10 cm und 5 gr Gewicht einer Gesamtzahl von 300 Mill. Stück einjährigen Heringen entspricht.

Für die *Zuidersee* geben die genannten holländischen Autoren für die Jahre 1918—20 einen Brutfang von 5 Mill. kg jährlich an. Wenn diese Masse zu ¼ aus Bliek besteht, so würde das einer Individuenzahl von 250 Mill. Stück entsprechen, während sich die Menge der erwachsenen Zuiderseeheringe, die im Jahre gefangen werden, auf etwa 10 Mill. kg gleich 125 Mill. Stück beziffert, sodass etwa zweimal soviel Bliek als erwachsene Zuiderseeheringe gefangen werden. Niemand wird behaupten, dass dieser Sachverhalt irgend welchen Einfluss auf den Ausfall der Zuidersee-Heeringsfischerei gehabt haben könnte.

In den anderen Küstenländern der Nordsee stellt sich der Fang von jugendlichen Heringen folgendermassen.

In *Grossbritannien* werden hauptsächlich an der Südostküste von England junge Heringe gefangen und zwar einesteils bei der Sprottfischerei, anderenteils in der Whitebait-Fischerei. Bei der ersteren, die einen mittleren Jahresertrag (1924—28) von 2 Mill. kg hatte, kann man mit nur 11 pCt. Heringen als Beimischung rechnen gegen 40 pCt. beim Whitebait-Fang, der etwa 150,000 kg beträgt. Somit errechnet sich für diesen Teil der britischen Küste ein Fang von 280,000 kg an Jungheringen Dazu kommen dann noch schwerer abzuschätzende Mengen von der schottischen Küste, über die T. W. Fulton Angaben veröffentlicht hat (Fishery Board f. Scotland 1921 Nr. II 1922 p. 116), mit deren Zuhilfenahme für das ganze britische Küstengebiet ein Fang von 680 Millionen Stück Jungheringen errechnet werden kann[1]).

Im *Bereich des deutschen Nordseegebiets* ist es hauptsächlich die Elbemündung und einige benachbarte Teile der Deutschen Bucht, in denen regelmässig im Winter und zwar — ebenso wie an der holländischen Küste — hauptsächlich in den Mona-

[1]) Rapport over de zeebliek. 's Gravenhage 1929.

[1]) Wenn Fulton etwa das 7- bis 10-fache dieser Menge für die Sprott- und Jungheringsfischereien *aller* Nordseeküsten annimmt, also mindestens 7 Milliarden Stück, so ist das sehr grosszügig geschätzt.

ten Januar bis März eine bedeutende Fischerei auf Junghering der 1. und 2. Jahresklasse ausgeübt wird. Die kleinere Gruppe von 6—14 cm Länge nennt man „*Spitze*“, die grössere von 12—18 cm „*Lange*“. Auch hier werden die Jungheringe gemischt mit Sprott gefangen, und in den Monaten vor Weihnachten pflegen die Sprott mengenmässig zu überwiegen.

Die *Grösse des Fanges ist ausserordentlich schwankend* und die Menge der Heringe wegen der Vermischung mit Sprott sehr schwer abzuschätzen.

Wenn man den Angaben von Schnakenbeck[1]) über die Ausbeute der Elbheringsfischerei folgt, so kann man — berechnet aus den Ergebnissen von 24 Jahren — mit einem mittleren Jahresfang von 9,257,500 oder rund 10 Mill. Pfund rechnen, und wenn man diese alle als einjährige Heringe oder „Spitze“ ansieht — was sie natürlich nicht sind — so käme man auf eine Individuenzahl von 1 Milliarde, die sich wesentlich vermindern würde, wenn man mit den genannten holländischen Autoren annimmt, dass es sich dabei grösstenteils um „lange“ Heringe handelt, was aber nicht gerechtfertigt ist.

Unter Hinzunahme der holländischen und britischen Fänge würde sich ein Jahresfang an Jungheringen von 2,2 Milliarden Stück für die Nordseeküsten ergeben.

Versucht man demgegenüber, die *Zahl der erwachsenen* Heringe festzustellen, welche durchschnittlich im Jahre in der Nordsee gefangen werden, so gelangt man zu einer Gewichtsmenge von rund 500 Mill. kg (Norwegen ausgeschlossen), welche einer Anzahl von rund *4 Milliarden Stück* erwachsenen Heringen entspricht.

Mit anderen Worten die Zahl der jugendlichen Heringe, welche in der Nordsee gefangen wird, erreicht nicht entfernt die Zahl der erwachsenen, sondern nur etwa die Hälfte! Es ist klar, dass unter diesen Umständen von einer Schädigung des Bestandes durch den Fortfang der Jugendlichen nicht wohl gesprochen werden kann.

Zieht man im Hinblick auf diese Zahlen die gewaltigen Schwankungen in Betracht, denen gerade die Erträge der Heringsfischerei in der Nordsee ausgesetzt sind, ohne dass doch diese Schwankungen mit einem entsprechenden Wechsel in der Ausbeute der Jungheringsfischerei in Beziehung gebracht werden können, so ergibt sich — für die Nordsee mindestens ebenso überzeugend wie für die norwegischen Gewässer — dass eine Parallelität zwischen der Ausbeute der Heringsfischerei und dem Fortfang der Jugendformen nicht erkennbar ist.

Für die Jahre 1904 und 1913 findet Fulton als Gesamtergebnis der britischen Heringsfischerei einen Unterschied von 36 % zu Gunsten des Jahres 1913![1]) Ein nicht ganz so grosser Unterschied, nämlich von nur 23 % ergibt sich für die Gesamtheit des nordeuropäischen Heringsfanges zu Gunsten des Jahres 1907 gegenüber 1905.

Die hier vorkommenden Schwankungen sind so gross, dass sie nach den Darlegungen von H. M. Kyle wesentlich allein massgebend sind für die Schwankungen, die sich in der Gesamtausbeute der nordeuropäischen Fischereien feststellen lassen, so zwar, dass die letzteren als ganz unerheblich erscheinen, wenn man die Heringsfischereien ausser Acht lässt.

Das Gesagte wird ohne weiteres klar, wenn man einen Blick auf die von H. M. Kyle in seiner „Statistik der Seefischerei Nordeuropas“ (Handbuch der Seefischerei Nordeuropas Bd. X, 4 S. 30) gegebene Übersicht wirft, (hier ergänzt nach H. Lissner in Berichte der Deutschen wissenschaftl. Kommission VI,1 S. 3). Es betrug die *Ausbeute der Heringsfischerei in der Nordsee* (mit Fortlassung von Schweden und Norwegen) in Mill. kg in den Jahren

							Mittel	Mittel der Gesamtausbeute an Fischen zum Vergleich
1909/13	571	604	619	623	713	626		1017
1921/25	317	300	378	534	378	381		772
1926/30	429	431	505	562	501	486		

während der Gesamtfischfang in der Nordsee *ohne* die *Herings*fischerei sich in den beiden ersten Fünfjahrsgruppen auffällig übereinstimmend auf 391 Millionen kg bezifferte.

Es lässt sich also auch für die Heringsfischerei in der Nordsee ähnlich wie für die norwegische feststellen, dass die grossen Ertragsschwankungen von der Gunst oder Ungunst der Entwicklungsbedingungen abhängig sind, aber durch den mehr oder weniger intensiven Fang der Jugendformen *nicht* bestimmt werden.

Es lässt sich sogar zeigen, dass diese sozusagen natürlichen Schwankungen noch wieder in den Hintergrund gedrängt werden können durch *künstliche Schwankungen*, die durch absichtlichen Einfluss des Menschen hervorgerufen werden. Gemeint ist die willkürliche Einschränkung des Fanges auf Grund verminderter Nachfrage des Konsums, z. B. durch Hinausschiebung des Anfangstermins für den Fang oder planmässige Abkürzung der Tätigkeit der Salzer und dergl., und die gleichen Wirkungen können erzielt werden durch unbeabsichtigte Ereignisse wie z. B. den Mannschaftsstreik in Juli 1923, der den Beginn des deutschen Trawlheringsfangs verzögerte und dadurch die Gesamtausbeute stark herabsetzte, oder den britischen Kohlenstreik im Jahre 1926, der ähnliche Ausfälle zur Folge hatte.

[1]) Die Nordseefischerei, S. 56 im Handbuch der Seefischerei Nordeuropas Bd. V, 1. Stuttgart 1928.

[1]) Fulton berechnet l. c. den britischen Fang allein für die sehr verschiedenen Jahre 1904 und 1913 mit 3 bezw. 4 Milliarden Stück.

Résumé.

The Effect on the Stock of the Capture of Undersized Herring.

The Norwegian herring appears to be a specially suitable object for the discussion of the problem how far the stock of herrings may be affected by the capture of its young forms. In the vast sea territory of Norway the herring is caught in all stages of its development as spawning fish (vaarsild) but also as young fish of the first (mosse or kril), second (smaasild or bladsild), third and following years (fetsild) etc.

The capture and sale of smaasild is, however, of recent date but has not reached any considerable extent untill these fish were used as a substitute for brisling when such were scarce or missed, and since the very youngest forms, or mosse, were required in quantities in the oil factories (1928 up to 1.8 millions hl).

In view of this development the Fisheries' administration of Norway asked their expert Einar Lea to investigate the influence of these big catches of young herring on the general situation of the Norwegian herring fisheries.

Lea was able to demonstrate, that the yield of the fetsild fishery, as well as that of the vaarsild, had always been subjected to considerable fluctuations as a consequence of the more or less favourable conditions prevailing during the critical period in the development of the brood in the different years, and that these fluctuations had been felt just as much in times before the mosse were utilized by the oil factories.

It may also be emphazised as a matter of fact that, recently, the yield of the vaarsild fishery has been rather considerable, and independing of previous years' fetsild-fishing, whether favourable or not. It is not to be expected that a saving action in favour of the smaasild will influence the capture of the saved fishes as fetsild or vaarsild.

Moreover it ought to be taken into consideration that the toll taken from the herring stock by human endeavours appears as a less heavy one if we regard the abundance of individuals characterizing the herring shoals and that these shoals are also largely decimated by other ennemies — predatory fish, seabirds and marine mammals.

The total products of the Norwegian herring fisheries increased from an annual average of 265 mill. kgs. in the years 1909—13 to 462 mill. kgs. in 1925—29, in spite of the fact that in the years 1919—23, to a specially great extent, smaasild had been utilized in the oilfactories.

Finally Lea came to the conclusion that a prohibition of the capture of smaasild for the oilfactories could not be recommended.

Consequently the Norwegian administration restricted itself to prohibit the capture of the very smallest herrings of the first year-class, and even this action was taken, apparently, only as a concession to the sentimental feeling of the fishermen.

Compared with the Norwegian stock the *herring shoals of the North Sea* can not be considered in the same or even similar way i. e. as homogeneous. They are composed of spring-, autumn- and winter-spawning fish coming from rather different spawning areas, and, in a still higher degree than the adult fish, the young ones form confused mixtures by the capture of which all constituents are liable to be concerned in the same way. As a matter of fact, in all countries bordering the North Sea, young herrings are caught in considerable quantities.

In the *Netherlands* they are fished for in order to utilize the scales for pearl essence and the fish for feeding ducks. The total amount of the catch is estimated to about 3 mill. kgs. which means 550 millions of one year old individuals.

In *Great Britain* young herrings are caught in the sprat- and whitebait fisheries (after Fulton) to the amount of some 680 mill. individuals per annum.

From the *German coasts* young herrings are caught in rather varying quantities; on an average the quantity has been estimated at 1000 millions individuals.

As a total we find a quantity of 2200 millions of young herrings, which really does not mean very much, if compared with the average catch of adult North Sea herrings, i. e. 500 mill. kgs. equal to 4000 millions of individuals.

For the herring fisheries in the North Sea as well the *fluctuations* play an important part and also here it is impossible to construe any relation between the yield of the herring fisheries if adult and young fish are compared.

Finally it must be kept in mind that apart from the fluctuations, caused by natural circumstances, we have to regard the changes in the yield of the fisheries caused by artificial means, as for instance the intentional restriction of the fishing activity on account of a diminished demand.

Such events are able to affect the yield of the herring fisheries in a much higher degree than the capture of the undersized herring in the present extent.

II

DIE WIRKUNG DES FANGES UNTERMASSIGER FISCHE AUF DEN BESTAND.

VON

ERICH FISCHER, BERLIN.

Zur Diskussion des Themas muss zunächst Klarheit über den Begriff „untermassig" geschaffen werden, da Fische von drei Gesichtspunkten aus als untermassig bezeichnet werden. Allgemein gelten nach den *gesetzlichen Bestimmungen* die Fische als untermassig, die das gesetzliche Mindestmass nicht haben. Der *Handel* bezeichnet Fische als untermassig, die noch nicht so gross sind, dass sie Handelswert besitzen. Das kommt namentlich für solche Fische in Betracht, für die ein gesetzliches Mindestmass nicht besteht. Endlich spricht die *Fischereibiologie* von dem biologischen Mindestmass. Darunter versteht man bekanntlich die Durchschnittsgrösse, bei welcher die betreffende Art zum ersten Male laichreif wird. Dabei ist üblich, bei Arten, bei denen das eine Geschlecht raschwüchsiger ist als das andere, das biologische Mindestmass nach dem schneller wachsenden Geschlecht, fast immer also nach den Weibchen, festzusetzen.

Biologisches Mindestmass und die anderen beiden decken sich in der Seefischerei in vielen Fällen nicht. Zum Beispiel wird die Nordseescholle in Deutschland schon bei einer Grösse von ca. 22 cm ab gehandelt, das biologische Mindestmass liegt aber erst bei ca. 35 cm. Bei Stör im Nordseegebiet, Lachs und Zander im Ostseegebiet liegt das gesetzliche Mindestmass weit unter dem biologischen. Dagegen ist zum Beispiel bei der Ostseekliesche das handelsübliche Mass höher als das biologische Mindestmass.

Da es sich bei unserer Frage aber um die Wirkung auf den Bestand handelt, die Erhaltung des Bestandes jedoch von der Fortpflanzung abhängig ist, ist es klar, dass für die weitere Betrachtung lediglich das biologische Mindestmass zu Grunde zu legen ist.

Fang und Verwertung im biologischen Sinne untermassiger Fische ist in der Seefischerei weit verbreitet. Dazu einige Beispiele.

Das prägnanteste Beispiel liefert der *Aal*. Wir wissen, dass alle im Süsswasser und an den Meeresküsten gefangenen Aale im biologischen Sinne untermassig sind. Eine schädigende Einwirkung des Aalfanges aller Nationen auf den Bestand hat sich noch nie nachweisen lassen, ist auch noch nie behauptet worden.

Auch beim *Hering* werden sowohl in der Nordsee, wie auch in der Ostsee grosse Mengen noch nie laichreif gewordener, also biologisch untermassiger Heringe seit Jahrhunderten alljährlich weggefangen. Man denke an den Fang des kleinen Elbherings an der deutschen Küste, die Whitebait-Fischerei der Engländer und den Fang des Matjesherings durch alle an der Heringsfischerei beteiligten Nationen. Eine wirkliche Abnahme des Bestandes ist in der Nordsee nie in Erscheinung getreten. Im Gegenteil hat sich seit 1912 die Heringstrawlfischerei noch in die Ausbeutung des Heringsbestandes der Nordsee eingeschaltet und von Jahr zu Jahr steigende Erträge gebracht, ohne die bisherige Heringsfischerei merklich zu beeinflussen. Der Hering der Nordsee galt schon nach H e i n c k e als der Fisch, bei dem von einer Überfischung nicht die Rede sein könne. — In der westlichen Ostsee werden alljährlich 2 Sorten kleiner untermassiger Heringe in grossen Mengen gefangen, die sogenannten Sekunda, das sind einjährige Heringe von 11—15 cm Grösse, und die sogenannten Sielen, zweijährige Heringe von 16—19 cm Grösse. Der Fang der Vollheringe in den Gegenden hat, wenn man von den gerade in der Heringsfischerei sehr starken Fluktuationen absieht, keine Einbusse erlitten. So konnten zum Beispiel im Jahre 1929 und noch wieder in diesem Frühjahr überreichliche Fänge an Vollheringen in der westlichen Ostsee gemacht werden.

Ein weiteres Beispiel aus einem Gebiet, das leichter zu übersehen ist, dem Kurischen Haff. Dort wird der Zander, *Lucioperca sandra*, seit Menschengedenken schon bei einer Länge von 28 cm und darunter weggefangen, in welcher Grösse er noch nicht geschlechtsreif ist. Der bekannte Fischereibiologe, Prof. S c h i e m e n z, der beste Kenner der dortigen Verhältnisse, sagt darüber:[1])

„Wenn mich aber jemand fragen würde, ob ich

[1]) S c h i e m e n z, P. Über das Mindestmass bei Fischen und deren Schonung überhaupt. Mitt. d. Deutsch. Seefischerei-Ver. Band XXXX, 1924, Seite 27.

glaubte, dass durch den Wegfang dieser kleinen Bratzander der Zanderbestand im Kurischen Haff an sich geschädigt wird, so müsste ich sagen: Nein! Denn trotz dieses Wegfanges des kleinen Zanders seit vielen Menschenaltern ist und bleibt der Bestand des Zanders dort ein normaler und guter und das wird wohl auch der Grund sein, warum die Behörden dort, im Gegensatz zu anderen Gewässern, den Fang dieses untermassigen Zanders gestatten und das Minimalmass von den üblichen 35 cm auf 28 herabgesetzt haben."

Das Beispiel der Zanderfischerei im Kurischen Haff ist für die vorliegende Frage ganz besonders lehrreich. Ungeheuere Massen einjährige Zander werden bei der Stintfischerei des Haffs mitgefangen und vernichtet, weil sie zur menschlichen Ernährung noch nicht brauchbar und nach dem Fang im engmaschigen Stintkeitel im Sommer nicht mehr lebensfähig sind. Lange Jahre sind die Verhältnisse dort genau beobachtet worden, und anfangs haben die Behörden einen Kampf gegen die Zerstörung der jungen Zander geführt. Es hat sich aber im Laufe der langen Jahre herausgestellt, dass das Wegfangen der kleinen Zander und auch der zwar untermassigen aber schon marktfähigen Zander von 28 cm den Zanderbestand des Haffes auf die Dauer nicht durchgreifend schädigt. Das Ergebnis ist sicher, denn trotz der Grösse des Haffs sind die fischereilichen Verhältnisse dort gut zu übersehen. Allerdings findet der Zander im Kurischen Haff vorzügliche Lebensbedingungen.

Lassen sich diese Beispiele verallgemeinern? — Der Analogieschluss ist in der Biologie ein ausserordentlich gefährlicher Schluss. Wir wollen daher noch 2 Beispiele aus der Seefischerei an der Hand der nun seit beinah 30 Jahren vorliegenden Statistiken betrachten. Es seien dafür Scholle und Schellfisch des Nordseegebiets gewählt, da bei diesen beiden Fischen besonders oft und bis in die neueste Zeit hinein Klagen über den schädigenden Einfluss der Vernichtung der Jungfische laut geworden sind.

Auch die Scholle gehört zu den Fischen, von denen alljährlich grosse Mengen „untermassig" gefangen werden. Einen Nachweis dafür geben zunächst die im „Bulletin Statistique" alljährlich veröffentlichten Mengen der Sorte „klein" (Tabelle C II). Sie erschöpfen aber den Gesamtfang an im biologischen Sinne untermassiger Schollen nicht, da bei dem hohen biologischen Mindestmass der Nordseescholle sich auch unter den grösseren Sorten noch viele Tiere befinden, die noch nie gelaicht haben. Dazu kommen die noch nicht marktfähigen Schollen der Dampferfischerei, die — meist in sehr geringer Lebensfähigkeit — wieder über Bord gegeben werden und von der Fangstatistik nicht erfasst werden. Ferner die Vernichtung der jungen Schollen der 0, I und II Gruppe durch die holländische Puf- und in den letzten Jahren durch die deutsche sogenannte Gammelfischerei. Der Fang, der in der Tabelle C II der internationalen Statistik nachgewiesenen Mengen der Sorte „klein" ist von 1904 bis 1929 ungefähr gleich geblieben. Er betrug 1904: 55,5 % und 1929: 57,5 % vom Gewicht des Gesamtfanges. Rechnet man — sehr vorsichtig — noch die untermassigen Schollen aus den grösseren Marktsorten mit 13—15 % dazu, so ergibt sich, dass allein von marktfähigen Schollen alljährlich ca. 70 % dem Gewicht nach untermassig sind. Es ist klar, dass für unsere Frage Gewichtprozente wenig sagen, denn 100 kg kleine Schollen enthalten vielmehr Individuen als 100 kg grosse Schollen. Wir müssen daher auf die Stückzahl eingehen. Die wieder sehr vorsichtig gemachte Umrechnung ergibt, dass der Stückzahl nach von den angebrachten marktfähigen Schollen nur ca. 15 % das biologische Mindestmass erreicht haben und 85 % untermassig sind. Diese Zahl ist noch zu niedrig, weil in der internationalen Statistik der Prozentsatz der von der sehr stark entwickelten Schollenfischerei Dänemarks gefangenen unter dem biologischen Mindestmass liegenden Schollen nicht angegeben ist, und dazu noch die Vernichtung der sehr kleinen Schollen durch die Puf- und Gammelfischerei kommt, die sich zahlenmässig nicht erfassen lässt. Trotz der so resultierenden ausserordentlich hohen Prozentzahl der weggefangenen untermassigen Schollen ist der Gesamtschollenfang in der Nordsee seit 1903 auf die Dauer nicht zurückgegangen, sondern, wenn man die Anfangs- und Endzahlen betrachtet, von 62,6 Millionen kg im Jahre 1903 auf ca. 66 Millionen kg im Jahre 1929 gestiegen. Das zeigt die folgende Tabelle, die eine Zusammenstellung der Gesamtanlandungen an Schollen aller an der Nordseefischerei beteiligten Ländern nach dem „Bulletin Statistique" Tabelle C Ia vom Jahre 1903 bis 1929 gibt mit Ausnahme der Jahre 1914 bis 1920, in welchen die Nordseefischerei durch den Krieg, Kriegsmassnahmen und deren Folgen behindert war.

Tabelle I.

Gesamtanlandungen an Schollen aller Länder aus der Nordsee.

	in 1000 kg		in 1000 kg
1903	62.646	1917	25.138
1904	58.461	1918	40.316
1905	58.488	1919	50.354
1906	45.221	1920	54.535
1907	51.992	1921	44.413
1908	47.465	1922	49.856
1909	49.039	1923	42.703
1910	48.008	1924	45.676
1911	51.602	1925	55.793
1912	52.272	1926	56.249
1913	49.909	1927	55.323
1914	42.550	1928	63.563
1915	27.862	1929	65.997
1916	25.361		

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Prozentzahl kleiner Schollen vom Gesamtfang der einzelnen Länder nach dem „Bulletin Statistique", Tabelle C II. Die in der letzten Rubrik stehende Gesamtzahl ist unter Berücksichtigung der Fangmenge jedes Landes berechnet. Sie bleibt, wie oben angegeben, weit unter den wirklichen Verhältnissen.

Tabelle II.

% der Sorte „klein" an Schollen vom Gesamtfang.

Jahr	Deutschland	Holland	England	Schottland	Dänemark	Belgien	Total
1903	84,4	94,8	44,0	?	97,8	?	
1904	84,0	82,4	48,6	?	97,8	31,9	55,5 %
1905	88,2	75,9	45,1	11,6	97,8	40,3	
1906	83,3	78,1	34,1	6,1	71,3	39,8	43,1 %
1907	85,0	79,8	47,2	8,2	71,3	42,6	52,3 %
1908	89,7	78,2	45,2	26,4	71,3	80,4	50,4 %
1909	89,1	?	47,7	32,9	?	50,7	48,8 %
1910	84,1	83,6	43,5	?	?	46,4	44,8 %
1911	84,3	93,6	49,4	?	?	47,4	52,7 %
1912	84,7	90,6	44,6	?	?	47,1	42,6 %
1913	86,5	91,3	45,0	?	?	?	42,8 %
1921	69,7	85,8	24,2	?	?	?	80,7 %
1922	83,6	89,3	41,6	?	?	?	80,0 %
1923	90,9	89,5	57,0	?	?	?	52,8 %
1924	91,2	93,0	65,0	?	?	?	76,0 %
1925	90,1	94,5	75,4	?	?	?	66,8 %
1926	93,6	95,2	76,3	?	?	?	61,7 %
1927	93,2	96,0	77,0	?	?	?	68,0 %
1928	92,4	96,2	78,4	52,5	?	?	62,8 %
1929	96,2	94,9	80,1	53,0	?	68,2	57,5 %

Die graphische Darstellung (Fig. 1) gibt eine Übersicht über den Schollenfang aus der Nordsee für die Länder, die daran besonders beteiligt sind. Sie zeigt den allmählichen aber ständigen Rückgang des Ertrages der englischen Schollenfischerei, das Gleichbleiben der Fangmenge Deutschlands, das langsame Ansteigen der holländischen Fangzahlen und die plötzliche gewaltige Entwicklung der Schollenfischerei Dänemarks.

Auf die viel diskutierte Frage der Kriegsschonzeit braucht hier wohl nicht näher eingegangen zu werden. Zweifellos wird der Bestand eines Massenfisches in einem Meere, das ihm gute Existenzbedingungen bietet, bei plötzlichem Aufhören oder starker Verringerung einer intensiv betriebenen Fischerei in den ersten Jahren zunehmen. Die genauen Untersuchungen über die Wirkung der Kriegsschonzeit haben aber bewiesen, dass solche Schonung wegen der an dem Nachwuchs eintretenden Wachstumshemmungen oft nicht im Interesse der Fischerei liegt. Die Schollenstatistik gibt uns einen weiteren Hinweis. Trotz der Schonung während der 3 Kriegsjahre 1915—1917, in denen je nur ca. die Hälfte der normalen Menge gefangen wurde, stiegen die Schollenfänge in den Jahren 1919—1920 nur auf 50,3 und 54,5 Millionen kg, also nicht sehr erheblich über den Durchschnitt. Trotzdem aber in den späteren Jahren die übliche Abfischung der kleinen Schollen wieder eintrat, überstieg die Gesamtmenge der in der Nordsee gefangenen Schollen von 1925 ab die Gesamtmenge des Rekordjahres 1920, und erreichte die überhaupt höchste Zahl von fast 66 Millionen kg im Jahre 1929. Es ist bekannt, dass dieser Anstieg hauptsächlich auf das Anwachsen der Snurrewaden-Fischerei Dänemarks zurückzuführen ist. (Vergl. Fig. 1) Doch tut das hier nichts zur Sache. Denn die Zahlen beweisen, dass trotz der intensiven Befischung der jungen Schollen ein so ausbeutungsfähiger Bestand vorhanden gewesen ist.

Hier sei eine kurze Bemerkung eingefügt. Man hat den sehr starken Rückgang in der Schollenfischerei Englands — die 48,7 Millionen kg im Jahre 1903 erbrachte und stetig bis auf 19 bis 22 Millionen kg in den Jahren 1926—29 gesunken ist (vergl. Fig. 1) — als Beweis für den schädigenden Einfluss der Abfischung untermassiger Schollen betrachtet. Dass das nicht richtig ist, haben bereits Kyle und Ehrenbaum[1]) nachgewiesen und betont, dass „der Rückgang in der englischen Schollenfischerei zum grössten Teil dem Ausscheiden der Dampftrawler zuzuschreiben" ist. Ich erwähne das hier, weil ich später noch darauf zurückkommen muss und möchte ergänzen, dass dies auch durch die Statistik der englischen Nordseefischerei bestätigt wird, wenn man die Erträge der Heringsfischerei aus ihr ausscheidet. Dann zeigt sich, dass der Gesamtertrag der englischen Fischerei durch Dampftrawler in der Nordsee von 224,3 Millionen kg im Jahre 1903 auf 151,3 Millionen kg im Jahre 1929 gesunken ist, eine Folge der Abwanderung der Dampfer in andere Fanggebiete. Der Rückgang in Englands Fangmenge an Schollen ist daher lediglich eine Parallele zu dem allgemeinen Rückgang der englischen Dampferfischerei in der Nordsee und findet so seine natürliche Erklärung.

Im Einklang damit steht, dass Deutschlands Schollenfang im Laufe der Jahre ziemlich gleich geblieben ist, während Holland, entsprechend dem Ausbau seiner Dampferflotte, eine Zunahme zu verzeichnen hat (Vergl. Fig. 1).

Wir sehen somit, dass in der Nordsee das jahrelange Fortfangen der untermassigen Schollen in dem bisherigen Umfange keine bedrohliche Einwirkung auf den Bestand gehabt hat.

---

[1]) Kyle u. Ehrenbaum. Wandlungen in der Schollenfischerei der Nordsee. Fischerbote 1930, S. 18.

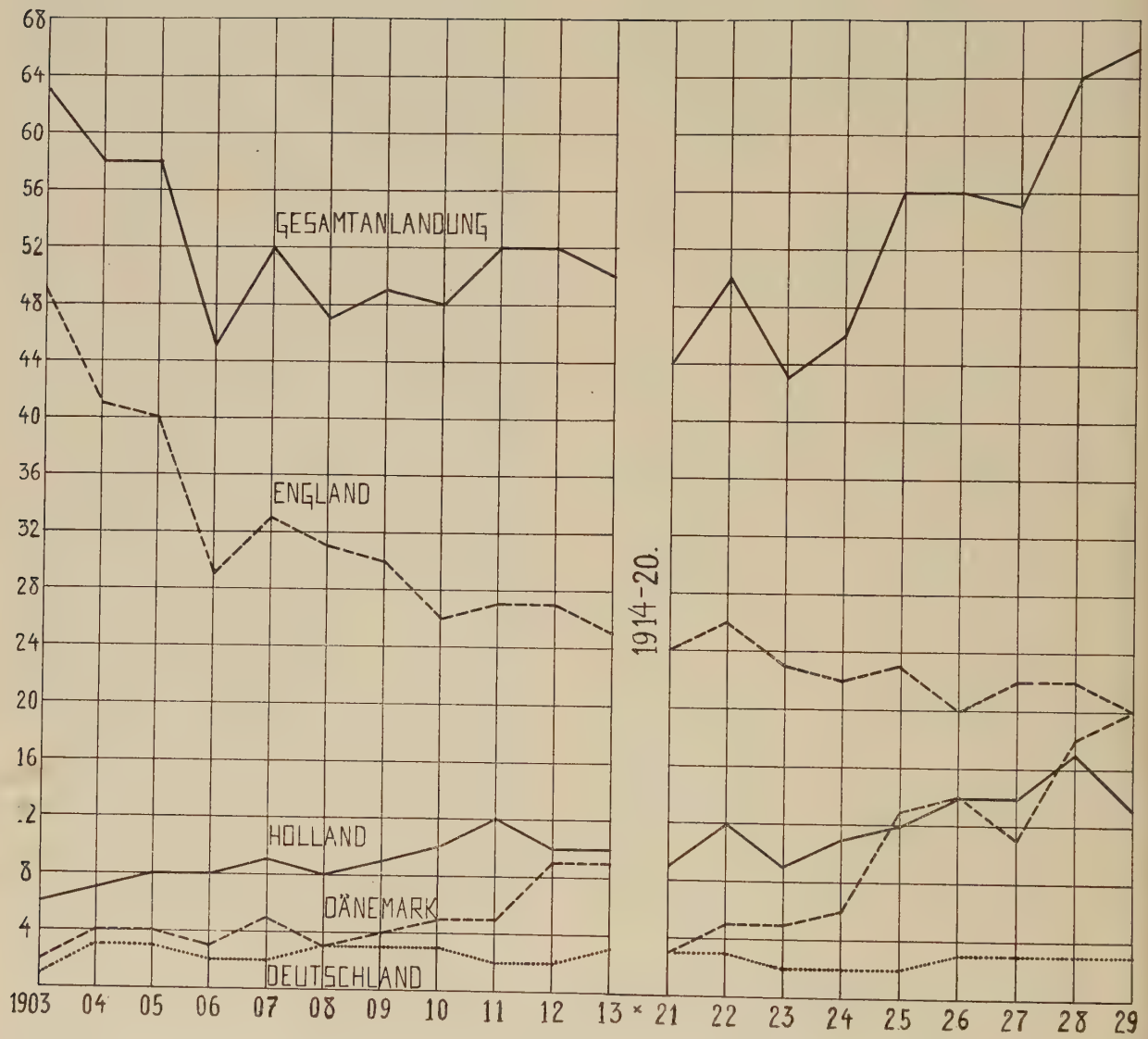

Fig. 1. *Schollenanlandungen in der Nordsee.*

Ähnlich liegen die Verhältnisse bei der *Schellfischfischerei.* Auch hier finden wir eine Abfischung der Sorte „klein" also der „untermassigen" Fische, dem Gewicht nach von 80 % und mehr. Der Stückzahl nach dürfte aus den gleichen, früher bei der Scholle angeführten Gründen der Prozentsatz über 90 % betragen. Die Kriegsschonzeit hat sich auf den Schellfischfang in erheblich grösserem Masse ausgewirkt, als auf den Schollenfang. Der Gesamtfang in der Nordsee ist in den Nachkriegsjahren 1919 und 1920 auf je über 200 Millionen kg gestiegen, gegenüber einem Durchschnittsfang von 120 Millionen kg in den Jahren 1911 bis 1913.

Bemerkenswert ist aber, dass der Gesamtfang an Schellfischen in der Nordsee (mit Ausnahme der ersten Jahre nach dem Kriege) tatsächlich einen Rückgang aufweist und zwar von 178,8 Millionen kg im Jahre 1903 auf 107,7 Millionen kg im Jahre 1929 (Vergl. Fig. 2).

Aber dieser Rückgang ist nicht unbedingt auf die Beeinträchtigung des Bestandes durch die Abfischung der untermassigen Schellfische zurückzuführen, sondern ist wahrscheinlich wieder ledig-

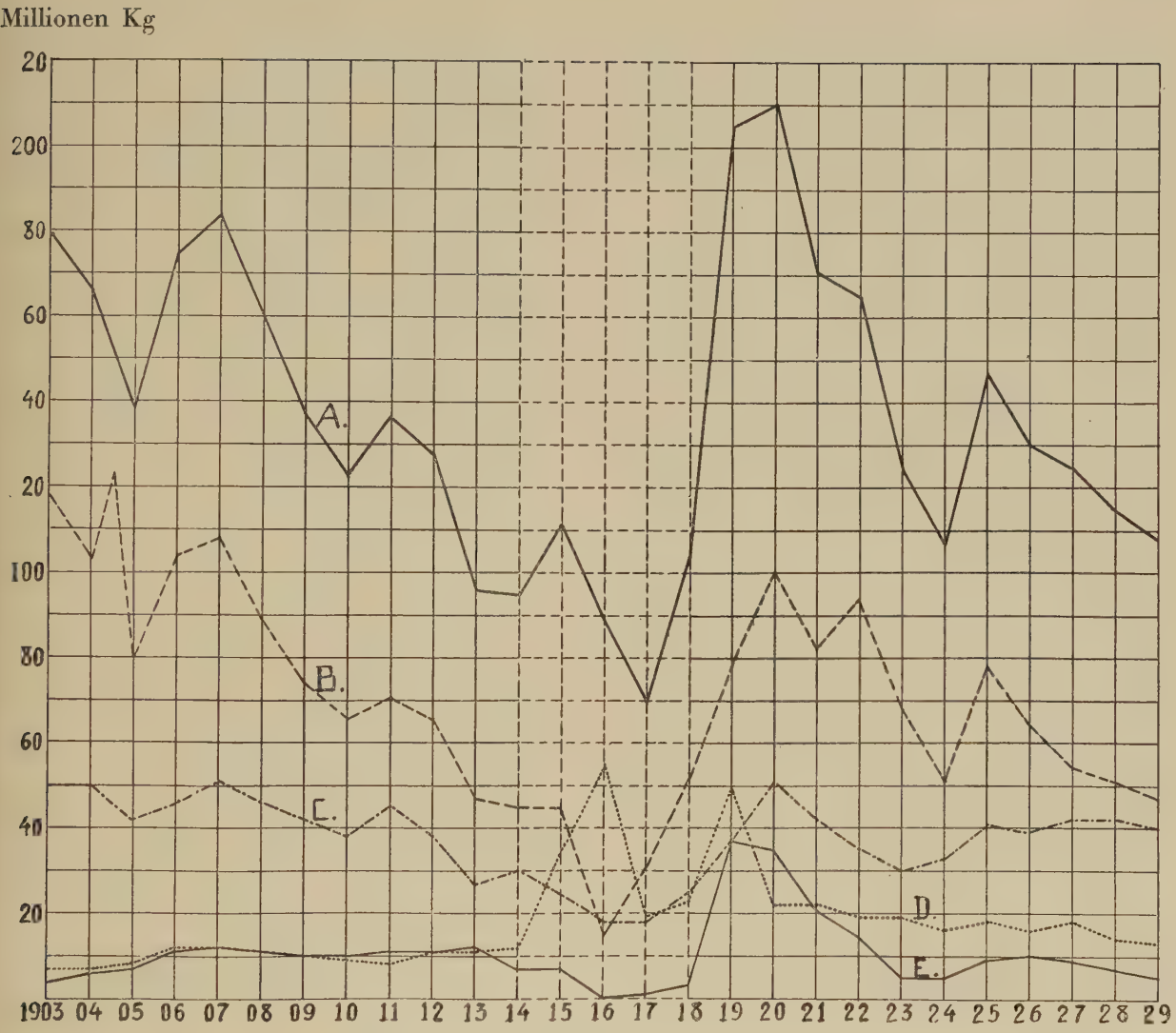

Fig. 2. *Schellfischanlandungen in der Nordsee.*

A — Gesamtanlandung.
B — England.
C — Schottland.
D — Dänemark + Holland.
E — Deutschland.

lich die Folge der verringerten englischen Dampferfischerei in der Nordsee. Der Anteil Englands am Schellfischfang in der Nordsee betrug, abgesehen von den Jahren 1914—1920, stets ca. 50 % der von allen Nationen aus der Nordsee angebrachten Schellfische. Es ist klar, dass der allmählich immer stärker werdende Rückgang der englischen Dampferfischerei in der Nordsee und die sich damit ergebende geringere Menge englischer Schellfische die Gesamtmengenzahl der Nordseeschellfische sehr stark beeinflussen musste, wenn nicht — wie bei der Schollenfischerei durch Dänemark — ein Ausgleich durch Einschaltung gesteigerter Fänge einer anderen Nation geschaffen wurde. Es ist anzunehmen, dass der Bestand an Schellfischen in der Nordsee — abgesehen von den natürlichen Fluktuationen — auch heute noch trotz des ständigen Fortfangens der kleinen Schellfische nicht abgenommen hat, sodass bei ausreichender Befischung der Gründe annähernd der gleiche Ertrag wie vor Jahren zu erzielen wäre. Das beweist das ziemlich gleichbleibende Verhältnis des englischen Schellfischfanges in der Nordsee zum englischen Gesamtfang aus der Nordsee, wenn man

bei letzterem wieder die Erträge aus der Heringsfischerei abzieht.

	Mill. kg Schellfisch	Mill. kg Gesamtfang ohne Hering
Z.B. 1909	74,0	208,8
1910	66,0	196,5
1911	70,5	195,9
1912	65,9	198,1
1926	63,8	167,5
1927	54,3	168,5
1928	50,5	148,8
1929	47,3	151,3

Das Verhältnis ist durchweg annähernd 1:3. Zur Veranschaulichung des Ausgeführten diene die Fig. 2. Sie zeigt insbesondere deutlich, wie die Kurve für den englischen Schellfischfang der Kurve des Gesamtschellfischfanges fast völlig parallel geht. Vielleicht kann die Schellfischfischerei Schottlands auch zum Beweise für die Erhaltung des Schellfischbestandes herangezogen werden, da ihr Ertrag mit Ausnahme der Kriegs- und ersten Nachkriegsjahre ziemlich gleichmässig geblieben ist, — 1905: 41,6 Millionen kg, 1928: 41,5 Millionen kg —. Zur Beurteilung fehlen mir leider die Unterlagen, aus denen zu ersehen wäre, wie weit die Intensität der schottischen Fischerei in der Nordsee im Laufe der Jahre die gleiche geblieben ist. Auch die Schellfischmengen der deutschen Fischerei zeigen keine Abnahme. Man sollte eine solche eigentlich erwarten, da die deutschen Dampfer die Nordsee seit Jahren weniger befischen als früher.

Zieht man die nun über 30 Jahre andauernde sehr starke Abfischung der untermassigen Schellfische in Betracht, und denkt man dabei an den noch immer reichen Bestand, der 1929 noch 107 Millionen kg lieferte, *so lässt sich auch beim Schellfisch vielleicht eine beschränkende aber keine wirklich bedrohliche Einwirkung auf den Bestand durch den Fortfang der untermassigen Schellfische in dem bisherigen Umfange in der Nordsee nachweisen.*

Alle die angeführten Beispiele haben gezeigt, dass ein selbst in grossem Masse betriebenes Wegfangen untermassiger Fische den Bestand der betreffenden Art nicht unbedingt zu gefährden braucht. Man kann daher dem Fang untermassiger Nutzfische sorgloser gegenüber stehen als bisher und in vielen Fällen werden Beschränkungen, die etwa die praktische Fischerei belasten, aus Sorge um die Erhaltung des Bestandes nicht notwendig sein.

Zu warnen ist aber vor der kritiklosen Übertragung des Ergebnisses auf jede Fischart und auf jedes Meeresgebiet. Es sei deshalb darauf hingewiesen, dass sich alle angeführten Beispiele auf Massenfische in nahrungsreichen Gewässern beziehen, in welchen die betreffenden Fischarten ihr natürliches Verbreitungsgebiet, also optimale Lebensbedingungen haben. Eine weitere Überwachung des Einflusses der Fischerei auf den Bestand wird auch fernerhin notwendig sein, denn noch kennen wir die Grenze der intensiven Befischung nicht, bei deren Überschreitung eine Gefährdung des Bestandes eintreten würde. Zu bedenken ist auch die Möglichkeit, dass in einer fortgesetzten Reihe von Jahren sich der Nachwuchs nicht oder ungenügend entwickelt.

Das Ergebnis aus den vorstehenden Untersuchungen ist nichts absolut Neues. In der Binnenfischerei weiss man längst, dass in fischreichen Gewässern mit guter Naturnahrung das Schonen der kleinen Fische von Arten, die dort günstige Existenzbedingungen haben, keinen wirtschaftlichen Wert hat, im Gegenteil meist zum Nachteil des Fischers ist. Daher ist man dort vielfach von der unbedingten Schonung des Nachwuchses abgekommen. Der Fortfang der untermassigen Fische dient in der Binnenfischerei sogar oft dazu, Gewässer erst rentabel zu machen, indem man die überflüssigen Nahrungskonkurrenten beseitigt und eine gesunde raschwüchsige Handelsware erzeugt. Dass die Verhältnisse in der Seefischerei in gewissen Meeren nicht anders sind, hat uns die Schollenfischerei nach der Kriegsschonzeit und die biologische Erforschung der Scholle in der Barents See gezeigt.

Das Verständnis für die Tatsache, dass Fortfang untermassiger Fische für den Bestand meist nicht schädlich ist, vielfach sogar nützlich sein kann, gibt uns die neuere ökologische Forschung, vor allem die von Bremer[1]) angegebene Formel für den zur „Erhaltung des Normalbestandes notwendigen Vernichtungsquotienten, d. h. diejenige Zahl, welche angibt, welcher Anteil der Nachkommenschaft einer Generation normalerweise ausgemerzt werden muss, um den Bestand auf gleicher Höhe zu erhalten." Die Bremer'sche Formel lautet:

$$100\ q = \frac{100\ (a - b)}{a}$$

wobei a die durchschnittliche Eizahl und b den Anteil der Eltern am Gesamtbestand der zur Fortpflanzung gelangenden Tiere bedeutet. Sie ist allgemein anwendbar und sie erklärt auch ungezwungen das Auftreten der Fluktuationen.

Einige Beispiele zur Erläuterung:

Wenn die Elternpaare einer Art stets nur 2 Kinder hervorbrächten, so beträgt der normale Vernichtungsquotient

$$\frac{100\ (2 - 2)}{2} = \frac{100\ .\ 0}{2} = 0\ \%$$

d. h. von den Nachkommenschaften dürfte kein ein-

[1]) Bremer, H. Grundsätzliches über den Massenwechsel von Insekten. Zeitsch. f. ang. Entomologie, 1928.

ziges Individuum vernichtet werden, wenn der Bestand dauernd erhalten werden soll. (Es ist dies das ohne weiteres einleuchtende Beispiel des sogenannten Zweikindersystems).

„Bei der Rübenfliege, *Pegomyia hyoscyani* Pz., mit einer durchschnittlichen Eiproduktion von 50 beträgt der normale Vernichtungsquotient

$$\frac{100\ (50-2)}{50} = 96\ \%$$

d. h. es müssen 96 % der Nachkommenschaft einer Generation den ökologischen Begrenzungsfaktoren erliegen, wenn der Bestand sich nicht vermehren soll [1])". Diese hohen Zahlen für den Vernichtungsquotienten bei schädlichen Insekten machen den in der Schädlingsbekämpfung arbeitenden Biologen die häufige Erfolglosigkeit ihrer auf die Vernichtung eines Schädlings hinzielenden Massnahmen verständlich. Nur wenige Exemplare des Nachwuchses brauchen erhalten zu werden, um den Bestand auf der alten Höhe zu halten.

Bei der Scholle, für die wir eine durchschnittliche Eizahl von 200.000 Stück einsetzen wollen, beträgt der normale Vernichtungsquotient

$$\frac{100\ (200.000-2)}{200.000} = 99{,}999\ \%.$$

Das bedeutet, dass von den abgelegten Eiern 99,999 % als Ei, Larve oder als Jugendform vernichtet werden können, ohne dass sich der Bestand vermindert. Ja die Vernichtung kann ohne Schaden für den Bestand noch grösser sein, weil ein Schollenelternpaar nicht nur einmal, sondern viele Jahre hindurch alljährlich laicht. Nehmen wir an, dass im Durchschnitt jedes Schollenpaar während seines Lebens fünf mal laicht, so könnte die gesamte Eiproduktion von 4 Jahren restlos vernichtet werden, und nur in einem Jahre brauchte sich aus je 100.000 abgelegten Eiern nur ein Ei zu einer laichreifen Scholle zu entwickeln, um den Bestand auf gleicher Höhe zu erhalten.

Der normale Vernichtungsquotient ist also bei allen Seefischen mit ihrer grossen Eizahl ein sehr hoher. Wenn nun infolge günstiger äusserer Umstände die Vernichtung der Eier, Larven und Jugendstadien unter der gewöhnlichen Zehrung bleibt, so treten reiche Jahrgänge auf, eine Erscheinung, die wir in Verbindung mit Jahren anormal ungünstiger Entwicklung bekanntlich Fluktuationen nennen.

Es scheint also auch in der Seefischerei an der Zeit zu sein, dem Beispiel der Binnenfischerei zu folgen, und die allgemeine Ansicht über die Schonung zu revidieren.

Um Missverständnisse zu vermeiden, soll dieser Satz noch etwas erläutert werden. Die Bremersche Formel lehrt uns, dass bei Seefischen mit grosser Eizahl ganze Jahrgänge des Nachwuchses ausfallen können, ohne dass der Bestand merklichen Schaden zu nehmen braucht. Sollen wir aber ganz allgemein alle Schonung der Nutzfische aufgeben? Die Frage muss verneint werden. Denn unsere Kenntnisse sind noch zu unvollkommen. Wir wissen z. B. nicht, wie gross in jedem Falle der Faktor der Vernichtung durch den menschlichen Einfluss ist. Es ist sehr wohl denkbar — und das Beispiel des Zanders im Kurischen Haff beweist das — dass unter optimalen Lebensbedingungen dieser Einfluss so gering ist, dass er nicht ins Gewicht fällt. Es können auch durch die Fischerei Faktoren der natürlichen Zehrung z. B. durch Wegfangen der Raubfische u. A. m. beseitigt werden. Andererseits könnte aber in manchen Fällen der in grossem Masstabe ausgeführte Fang untermassiger Fische die natürliche Zehrung so steigern, dass seine dauernde Fortsetzung allmählich zu einer Reduktion führen würde. Denn auch hier lehrt uns die moderne Ökologie, welche Bedeutung die Verhältnisse der Umwelt für den Aufwuchs haben. Fische im Grenzbezirk ihres Verbreitungsgebietes sind entschieden durch Eingriffe des Menschen in ihren Bestand gefährdeter, als solche unter sehr günstigen Lebensbedingungen. Verhältnisse, die uns z. B. bei der Scholle der Nordsee noch nicht zu beunruhigen brauchen, können bei der Scholle des Kattegatt oder der Ostsee schon zu Bedenken Anlass geben und besondere Massnahmen zur Schonung wünschenswert oder notwendig machen. Man wird demnach irgendwelche Schonmassnahmen jeder Fischart und jedem Meeresgebiet besonders anpassen müssen. Die Erforschung aller dieser Umstände für die verschiedenen Nutztiere der Meere und in den verschiedenen Meeresgebieten wird daher auch in Zukunft eine zwar schwierige aber für die praktische Fischerei notwendige und wertvolle Aufgabe der Internationalen Meeresforschung sein müssen.

[1]) Escherich, K. Das neue Gesicht der Forstentomologie. Forstwissensch. Zentralblatt 1930, Heft 12, Seite 531.

III

THE EFFECT ON THE STOCK OF THE CAPTURE OF UNDERSIZED FISH.

THE HADDOCK POPULATION OF THE NORTH SEA PLATEAU

BY

ALEXANDER BOWMAN, D. Sc.
ABERDEEN.

With Three Appendices

A. The Magnitude of the Destruction of Haddock of Unsaleable Sizes. (by A. B.).

B. A Comparison of the Vigneron-Dahl Trawling Gear with the Ordinary Otter Trawl in the Haddock Fishery. (by A. B.).

C. The Food and Feeding Habits of the Haddock, by Alfred Ritchie, B. Sc.

CONTENTS

Page

INTRODUCTION 3

NORTH SEA HADDOCK STOCK

(a) Salient Features of Life History 3

(b) Determining Factors in Shoal Recruitment and Distribution 4

(c) Growth Rates in relation to Brood Densities and Food Supply ... 4

ELIMINATION OF THE ANNUAL BROODS BY TRAWLING

(a) The Period of "Destructive" Fishing 4

(b) Decline in Yield of the Marketable Sizes 5

ECONOMIC AND BIOLOGICAL WASTAGE RESULTING FROM CURRENT FISHERY PRACTICE 6

SUMMARY AND CONCLUSIONS 7

APPENDIX A.

RELATIONSHIPS OF LANDINGS TO *TOTAL* CATCHES 8

STATISTICAL AREA C 13

Intensity of Fishing 9

Trade Categories – Table II 10

Rejected Fish – Graph 10

Extra Small Haddocks in Landings

Table III 11

Table IV 11

Analysis of Total Catches 11

Percentage Age-Composition by Weight & Numbers Table V 12

Annual Catches of each Year-Class and Percentage Rejected

(1) by Numbers, Table VI 13

(2) by Weight, Table VII 13

APPENDIX B.

V. D. TRAWL AND OTTER TRAWL COMPARED 12

(a) Experiments by the Scottish Research Vessel 14

(b) Ichthyometrical Data 14

APPENDIX C.

HADDOCK FOOD AND FEEDING HABITS 16

Pelagic Feeding 16

Diversity of Taste for Food Forms 16

Diet in Relation to Size of Fish 18

Variations in Relative Abundance of Food Forms 18

THE present communication is restricted to a consideration of the changes which have taken place in the haddock population of the North Sea plateau during the last decade.

A census of the moving and ever-changing population in this extensive area during the period under review has been obtained by a combination of three methods:-

(1) The collection of statistics and measurements of fish caught in the region and landed at British ports.

(2) Ichthyometrical observations made at sea on commercial vessels by the Ministry of Fisheries (England) Measurers to assess the proportions of unmarketable sizes of haddocks in the total catches from different grounds.

(3) Periodic trawling surveys of the principal haddock grounds with Standard Otter Trawl by the Scottish Research Vessel "Explorer" to amplify the market statistics and to obtain data with regard to the abundance and distribution of demersal haddocks of small sizes which normally escape capture by the ordinary commercial fishing gear.

The ideal aimed at has been a *monthly census* of the densities and distributions of the several age classes which make up the *total* demersal haddock population.

The market statistics are the basis of this scheme, the data collected daily from vessels landing their catches at the fishing ports in England and Scotland and collated by the Ministry of Fisheries (England) being issued as a series of monthly charts giving the productivity (total landings and catch per unit fishing time) of each of the small unit statistical areas (E d s e r: Rapport et Procès Verbaux, Vol. 36, Feb. 1925) into which the region is divided.

Each fishing vessel providing information is, in effect, a research vessel and we are greatly indebted to the industry for the friendly co-operation which has made possible the collection of such comprehensive data.

The successive changes in the size-composition of the catchable stocks in the several areas have been ascertained from numerous measurements of the various trade categories in the market landings and from the ichthyometrical data collected at sea. Age-assessment of the haddock population has been accomplished by the examination of copious representative scale samples systematically and regularly collected.

By the employment of these methods each successive brood or year class has been traced through the various phases of its life history from the time it was first added to the demersal haddock population until it ceased to contribute to the marketable catches.

The analysis of the vast material and data collected during the last decade has been in the able hands of Dr. H a r o l d T h o m p s o n, now Director of Fisheries Investigations in Newfoundland, and reference must be made to his papers in the Scientific Reports of the Fishery Board for Scotland and in Procès-Verbaux for a detailed account of the histories of the successive broods during the period in question.

NORTH SEA HADDOCK STOCK

(a) Salient Features of Life History.

Before considering the major question as to the effect on the haddock population of the capture of under-sized fish a brief recapitulation of some of the salient features in the life-history of the species on the North Sea plateau elucidated in the course of these continuous and intensive investigations and having a direct bearing on the problem at issue is deemed necessary.

The headquarters of the species and the main spawning areas are in the northern and deeper parts of the region. Spawning is an annually recurring phenomenon of limited duration, occurring from February to May but chiefly in March-April. The successive annual broods settle down during the autumn months mainly in the deeper water areas where they assume the typical demersal habit characteristic of the species for the rest of its life. During the first phase of its demersal life the haddock is practically absent from the shallow coastal zone and from the shallow southern North Sea. It is widely distributed on all other grounds in depths ranging from 10 to over 100 fathoms and in this respect is in marked contrast to such species as the cod and plaice. Its characteristic bathymetric distribution during the early period of demersal life has an important bearing on the question at issue.

The distribution of the spawning shoals and the current systems prevailing in the North Sea and adjacent regions preclude the possibility of any significant recruitment to the stock of the region from outside sources during the pelagic phase. During the period of immaturity the adolescent haddock are comparatively stationary, only undertaking excursions of small extent. There is no evidence of any accession of stock of young demersal haddocks from areas outwith the North Sea plateau. The population, then, may be regarded as a self-contained one, and changes in its composition can be studied without reference to contemporaneous changes occurring in such haddock producing regions as Faroe, Iceland, etc.

There are variations in the age at which maturity is first attained. Some of the more precocious members of a brood may spawn at the end of their second year, most attain maturity in the third, and only a small percentage delay joining the spawning shoals until a later season. The average age at which maturity is first attained is three years. This feature is of importance in relation to the speed of replenishment of the fishing grounds. In this respect a contrast may be drawn between the haddock and such species as the cod and plaice which are older before attaining first maturity.

With the assumption of the spawning habit migration becomes more marked. Every year within the North Sea there is a southerly movement of the adult shoals, culminating in the autumn months at the height of the feeding season and a compensatory northerly migration when concentration on the spawning grounds is taking place. The amplitude of the northern migration is extended with increasing age and from the time of first spawning there is always a gain towards the north.

The most striking feature of this annual recruitment of the young demersal population is the variation in its incidence. Good or bad years for recruitment recur at greater or less intervals. During the period under review the numerical ratio of the most successful brood (after the demersal habit was assumed) to the least successful was of the order of more than fifty to one. Briefly summarized, there occurred three exceptionally good recruiting years (1920, 1923 and 1928) and five poor or very poor years for brood survival (1921 and 1922, 1927, and 1929 and 1930).

(b) Determining Factors in Shoal Recruitment and Distribution.

The number of eggs produced by a spawning female is proportional to the weight of the fish. The ratio of males to females in the spawning shoals is practically constant. No exact relation can be shown to have existed between the weights of the spawning shoals (or the numbers of eggs produced during the season) and the numbers of the respective broods which ultimately survived to reach the sea floor. Major determining factors in brood survival and initial demersal distribution appear to be the conditions prevailing at the spawning and hatching season and the strength and direction of the currents during the comparatively long period of drift of the pelagic eggs, larvae, and young forms.

When natural conditions for brood survival were favourable during the period under review the weight of spawning fish was sufficient to yield a bounteous crop of small demersal haddock which by their upgrowth augmented the market landings at a later date. Unfavourable conditions for brood survival were likewise reflected in the market landings, the occurrence in succession of two bad brood years producing later a very marked depressing effect on the haddock fishery in the region.

(c) Growth Rates in Relation to Brood Densities and Food Supply.

With increasing age and spread of a brood differences in the average growth rates of the populations in the different areas emerge. These complex differences may, however, be resolved into three main types for the earlier years of life, namely, that of the slowest growers of the deeper waters in the central and northern North Sea where the temperature conditions are always comparatively low, that of the fastest growers in the shallower and warmer waters of the south and east, and those of intermediate types in north-western and northern localities. These growth differences are intimately related to the general hydrographic and biological conditions of the areas in question. *It cannot be inferred from the results of the extensive and continuous investigations that, in comparable areas, the average growth rates of successive broods in their first years of life vary with differences in brood densities.*

The haddock can and does draw on a wide variety of food forms for its maintenance and growth. The investigations on the food and feeding habits of the haddock suggest there has been no shortage in the *general* food supply and that the species with its great mobility and catholicity of taste can adapt itself readily to the irregular and uncorrelated variations in the supplies of the different kinds of food forming the principal items of diet.

This finding has a very practical bearing on the question of the rational exploitation of the haddock stock.

ELIMINATION OF ANNUAL BROODS BY TRAWLING.

(a) The Period of "Destructive" Fishing.

The trawl, by far the most important apparatus in the haddock fishery of the North Sea, as used at present, not only captures haddock of market-

able size but retains in the bag large numbers of haddock which are too small to find a sale on the market. The effect of the addition of a new brood to the demersal population is therefore first observed in the "rejected" portion of the catches. All individuals of the same age even in the same area do not grow at the same rate. The period during which the members of an upgrowing brood are subjected to "destructive" fishing extends from the time when the fastest growers are large enough to be retained by the cod-end meshes of the fishing apparatus until the last of the laggards in growth have grown large enough to be classified as marketable. The passage through the "rejected" class is in the form of a wave of increasing and then diminishing intensity, though the magnitude of the destruction of a brood before all its members have reached marketable size depends not only on the intensity but also on the incidence of the fishery with respect to the initial distribution of the year class.

All broods progress through the market categories in a similar wave-like manner. This is specially noticeable in the case of a brood of great numerical strength particularly if it follows years of bad brood survival when the percentage proportion of 'extra smalls' and 'smalls' in the landings shoots up rapidly. High percentages of small fish in the market landings indicate successful replenishment of the stock and a dearth of small fish portends poor prospects for the haddock fishery in the succeeding years.

The initial distribution of a brood has an important influence on the growth rates and on the distribution of the year class in the immediately succeeding years. Members of a brood in a good growing area enter and pass through the "rejected" class more quickly than those which have taken to a bottom habitat in poorer growing areas. In the case of the important 1923 year class great numbers were distributed at the end of their first year in the southerly and south-easterly parts of the range in the North Sea, the Shetland and north-western areas being relatively poorly supplied. The result was that the brood grew comparatively rapidly. It was this southerly and south-easterly distribution of the 1923 year class which gave rise to the phenomenal haddock fishery in the Belt Sea in the autumn of 1925 and in 1926. As fish on the attainment of sexual maturity tend to leave the area quickly for the more northerly spawning grounds the effect of this initial distribution on the fishery within that area was comparatively short lived. On the other hand the equally prolific brood of 1928 was distributed at the end of its first year mainly over the western and northern areas, enormous numbers being found round Shetland and relatively few in the south-eastern portions of its range in the North Sea. The average growth rate was lower than that of the 1923 year class and consequently the period of attrition before all members of the brood reached marketable sizes was more protracted. The north-western area is one in which the stock is augmented by the immigration of adult spawners from the south but the effect of this initial distribution of the 1928 brood was that the haddock fishery in the region in the years 1930 and 1931 was characterised by the dominance of this year class.

The chances of capture appear to be independent of the size of the fish, for after all members of a brood have reached catchable size the numerical ratios to the older year classes in the total catches over the whole area remain practically constant as long as contribution to the catches continues. The rate of elimination of a year class from the marketable population must therefore be ascribed mainly to fishing operations.

(b) Decline in Yield of the Marketable Sizes.

The results of the age-analysis of the market landings for the eleven years bring out clearly that the North Sea haddock fishery depended for the most part on the exploitation of young fish from two to four years of age. The rate at which each year class was eliminated may be measured by the numbers caught by standard fishing gear in unit time in each successive year of life. The averaged results for the whole area for the period under review show that in the time taken to catch by commercial otter trawl 1000 haddock in their third year of life, 400 were caught in the fourth, 125 in the fifth and 50 in the sixth. Converted into equivalent weights the ratios become 1000, 530, 240 and 110 respectively. There was a progressive decline in the commercial yield of a year class after the third year of life.

Comparison of the earlier with the later years of the period shows that the rate of decline in yield of the successive year classes became accelerated. The introduction of more effective apparatus, in the shape of the Vigneron-Dahl gear, or modifications thereof, in the middle of the period reduced the chances of a haddock escaping capture to reach a good old age. With the present intensity of fishing the chances of an individual escaping to reach seven years of age are very small and even for a prolific brood the numbers remaining at this age are so attenuated as to have no appreciable influence on the fishery.

The cod-end meshes of trawls, at present in use in the fishery, can retain all haddock of a size much less than that of the mean size at first maturity. By very intensive fishing with such gear, it would therefore be possible, at least theoretically, to prevent a sufficient supply of a brood reaching spawning age for the adequate recuperation of the population. It has been seen, however, that with the present intensity of fishing a sufficient number of upgrowing individuals escape this biological

wastage to provide a weight of spawners capable of yielding a rich crop of young demersal haddock when natural conditions, during the spawning and pelagic phases, are specially favourable.

All haddocks retained by the net during fishing operations are killed and unsaleable sizes are returned to the sea. Thinning of the unmarketable sizes begins at the end of the first year of life of the brood, is of greatest magnitude in the second year and decreases rapidly in the early summer of the third year as the laggards in growth attain saleable size.

There are no extensive areas where haddocks of unmarketable sizes may find sanctuary from the trawl, for these sizes do not frequent any grounds where the marketable sizes of this or of other demersal species may not also be caught. Only on rough grounds are the young demersal haddock free from the influence of the trawl and such unworkable areas on the North Sea plateau are now greatly reduced in numbers and extent by the use of heavy ground ropes, bobbins, and other devices.

Thus normal trawling operations with the gear at present in use must necessarily involve the capture of large numbers of unsalesable haddock and the general elimination of a year-class by the commercial gear begins as soon as the fastest growers are large enough to be retained by the cod-end meshes of the net.

It may be mentioned, however, that a small proportion of the stock of marketable haddock may be temporarily free from the risk of capture by the trawl when, for a limited period each year, some of the species invade the territorial waters during the feeding migration.

The rapid decline with increasing age in the absolute numbers of a brood is due mainly to the substantial proportion of the catchable stock fished out each year by the fishing apparatus. So long therefore as the incidence of first capture remains at the present low size and the intensity of fishing is maintained no appreciable improvement in the yield of larger haddock from the upgrowth of each successive brood can be anticipated. The fishery must remain essentially one for comparatively young (and small) fish.

ECONOMIC AND BIOLOGICAL WASTAGE RESULTING FROM CURRENT FISHERY PRACTICE.

The total annual toll of haddock flesh taken from the region by fishing operations is the weight of fish landed at the markets for consumption plus the weight of haddock of unsaleable sizes caught during fishing operations and returned to the sea dead.

The practical issue therefore is whether the great weight of haddock at present short-circuited by being sent back immediately after capture into the general circulation of matter in the sea can be transferred to the landings side of the account.

There are the alternatives — either to devise methods for the utilisation of this vast material or to delay its capture until the individuals attain saleable sizes.

The former method is always being tried by the industry. With the decline in the absolute abundance of older and larger haddocks the weights of haddocks landed are augmented by a keener selection of the smaller sizes caught. But notwithstanding the introduction of various expedients for the utilisation of the smaller sizes — such as block-filleting — enormous numbers of these small dead haddock are annually shovelled back into the sea during the course of normal fishing operations.

Tentative efforts have been made to utilise these in the form of fish meal. Successful extensions of such methods, tending to still further speed up the capture of the smaller sizes would have their repercussions and the chances of an individual fish attaining a fair marketable size would be greatly reduced.

Such methods afford no solution to the problem of the improvement in the yield of larger haddock.

The supplies of large haddocks on the markets may be maintained by tapping other sources of production, but with regard to the North Sea area there does not appear to be any other way of dealing with the question than by suggesting limitation or control of the methods of fishing employed in the area.

The mean weight of North Sea haddock at the end of each of the first three years of life is 40, 122 and 228 grams. In other words, during the first years of life the haddock as a weight producer is improving in efficiency and between the end of the second and third years of life almost doubles its weight. Thus, if only half the number of haddock just under marketable size taken during fishing operations were to escape and maintain the present rate of growth, a weight of fish equal to that at present destroyed would be available for capture one year later but would then have a very definite market value. The results of the investigations give no support to the view that under existing conditions with regard to the food supply the number of brood in an area have any marked effect on the efficiency of the individuals as weight producers.

A haddock just under marketable size alive in the sea is of greater potential value than a dead one. Not only does the slaughter of small haddock reduce the pool from which the marketable stock is replenished but time is lost before they can be replaced by upgrowing individuals of the succeeding brood.

Fluctuations in brood survival arising from natural causes are inevitable but the process o

elimination of a year class from the population is the same whether the brood is a rich one or a scanty one numerically. During the period under review there were three broods initially of great numerical strength, the thinning of which might possibly have had some slight effect on the rate of growth of the uncaptured stock had the food supply been short but there were five meagre broods within the period when thinning undoubtedly accentuated the depression accruing from initial deficiency in numbers.

We therefore conclude that the present method of exploiting the haddock population of the North Sea plateau is a wasteful one, squandering the riches of years of good brood survival and unnecessarily accentuating the depressing effects following years of scanty brood production.

SUMMARY AND CONCLUSIONS.

Long before man became such an important factor in the life history of the haddock its position within the highly complex animate and inanimate "milieu" of the North Sea was maintained by the natural fertility and reproductive rhythm of the species. Man's influence on the histories of the annual broods is by no means negligible. Fishing operations remove yearly a very substantial proportion of the stock. The intrusion of man on such a gigantic scale into the domain of the haddock may therefore have considerable biological significance and it is of interest to consider how his operations may affect, either directly or indirectly, the annual recruitment.

No attempt is made here to discuss the changes which may occur in the relationships of the different species through man's differential fishing operations. In the particular case of the haddock it may be assumed that the initial effect of his intervention on a large scale was the removal of an accumulated stock of large and old slow-growing fish making high maintenance charges on the food supply. Their removal lessened food competition, made entry of the upgrowing fish into the higher size categories easier, and thus tended to reduce the rate of natural mortality amongst the younger fish.

Only a relatively small percentage of each year-class now escapes capture to reach large sizes. The speedy and continuous removal of these larger sizes sets free an enormous supply of food for the maintenance and growth of the smaller sizes. Under existing conditions there does not appear to be any general shortage in the food supply for the younger age-classes. Their growth rates during the period of investigations did not show any significant differences from year to year with variations in the numbers of the population.

Although the absolute numbers of eggs produced depend on the weights of the spawning shoals, the physical and biological conditions surrounding the species during the pelagic phase of its existence are of paramount importance and determine largely not only the proportions of the broods surviving but also the incidence of their initial distribution. Even if the reproductive capacity of the stock were to remain constant the numbers of the broods surviving and their distributions would vary greatly owing to the great variability of the natural conditions from year to year. Under existing conditions the fecundity of the spawning stock remains by no means constant and one may therefore expect to find in future, just as was found during the period of the investigations, enormous fluctuations in the supplies of haddock added annually to the demersal population.

Reduction in the numbers of large adults lowers the reproductive capacity of the stock which can be compensated only by a very large increase in the numbers of small spawners. With intensity of fishing annual replenishment becomes more dependent on the younger spawners. Variations in the reproductive capacity and distribution of the spawning shoals arising from changes in the age composition of the stock therefore tend to cause variations in the incidence and distribution of the pelagic eggs in relation to the complex hydrographical and biological conditions which so profoundly affect the survival rate of the pelagic stages and the initial distribution of the young demersal forms.

Whether the physical conditions are erratic, periodic or cyclic they vary independently of the weights of the spawning shoals and they are outwith our control.

The investigations have shown that during the period under review, when natural conditions were favourable, the weights of spawning fish were sufficient to yield bounteous crops of baby haddock. But the converse statement might also be made, namely, that when natural conditions were unfavourable, more particularly in two consecutive years, the weights of spawning fish were insufficient to supply broods strong enough numerically to sustain a profitable haddock fishery in later years. When natural conditions are favourable the early age at first maturity secures rapid replenishment of the young demersal population but with the speedy elimination while still at small sizes the good effects are short-lived.

The practical problem is therefore — "What is the maximum yield both in quality and value which can be taken from each successive year-class without prejudice to the future?" For the present purpose the term quality may be taken to connote size of fish irrespective of season of capture. The best market value size which is largely determined by trade usage is a factor which cannot be divorced entirely from the question at issue. Very large fish may have less value on the market than equivalent weight of smaller fish caught at the same time and place.

The quality of the yield of a brood is determined mainly by two factors, namely, the incidence of first capture and the intensity of fishing both of which operate either in the same or in contrary directions. The fishing as meantime carried on, with its very low incidence of first capture and its great intensity, eliminating vast numbers of small fish of no market value and large numbers of little market value before they have attained best growing size and while food is still abundant for their maintenance and growth, lowers the yield of a brood substantially.

With the gear at present in use a year-class cannot be expected to provide a greater proportion of larger fish unless the intensity of fishing were to be lessened. If, however, the intensity of fishing were maintained and the incidence of first capture raised, not only would a greater proportion of the brood escape capture long enough to attain minimal market size but the proportional yield of the larger sizes would be raised correspondingly. If, however, the size at first capture were delayed and the intensity of fishing increased a greater yield of the larger sizes would not follow inevitably. While a proportion of the brood would be able to reach the smaller market sizes, thinning might be made so severe at this stage that relatively few could escape long enough to attain very large size.

The rate of removal of large haddock with their high demands on the food supply depends on the intensity of the fishing. Experience and continuous observations on the growth rates of the younger forms will show how long their capture can be delayed so that the increased numbers are able to utilise in the best possible manner the food made available by the removal of the larger forms.

Appendix A.

The Magnitude of the Destruction of Haddock of Unsaleable Sizes.

RELATIONSHIPS OF LANDINGS TO *TOTAL* CATCHES.

The statistics of landings provide very inadequate information as to the total numbers (or weights) of haddock actually caught during trawling operations. The portion of the total catch regarded as unsaleable is not represented in the market landings, being shovelled back dead into the sea. The relation which this rejected portion of the catch bears to the marketable portion varies with circumstances, the main deciding factors being the size-frequency-distribution of the haddock population on the fishing grounds, the size of the cod-end meshes used and the standard of selection adopted by the fishermen for the division of the catch into the two categories — 'rejected' and 'marketable'.

There is a direct correlation between the size of the cod-end meshes and the sizes of haddock which escape. The smaller the mesh the smaller the fish retained in the cod-end. The cod-end used during trawling operations has therefore an important bearing on the relative proportions of the smaller sizes in the total catches. In practice the cod-ends have almost invariably meshes of such a size that no escapes of haddock above minimal market size are possible. Such a mesh, however, will retain still smaller sizes, the proportions of these retained in the net decreasing with the decreasing sizes of fish.

For vessels fishing on the more distant grounds the standard of selection for the market is higher than in those vessels fishing the nearer grounds and hence as a general rule the longer distance vessels use larger meshes to obviate the capture of very small fish. During the fishing voyage, however, the selection of the market sizes from the total catch is performed rapidly and there is therefore no sharp distinction between the smallest sizes selected for the market and the largest sizes rejected. There may, in fact, be a considerable overlap in the sizes of fish included in each of these two groups but the size at which half the number caught is saved for the market and half rejected may be taken as indicating approximately the standard of selection adopted. This standard may vary considerably even during a single voyage. If the vessel is absent from port for several days the proportion of rejected fish tends to be higher at the beginning than at the end of the trip. Ice which would be used up for the preservation of less remunerative small haddocks is saved at the beginning against the possibility of capture of the more valuable selections and species. If other marketable species, say cod or lemon sole, are the main objective during the fishing operations and haddock more or less incidental then the tendency will be to give less attention to the selection of smaller sizes of the latter.

The character of the catchable stock on the grounds has also an important influence on the standard of selection. If there is a relatively large proportion of large and medium-sized haddock in the catches then selection of 'smalls' and particularly of 'extra smalls' is less keen. The percentage proportion of these categories in the market landings then becomes relatively low compared with their proportions in the catchable stock. Conversely if there are few large and medium-sized haddock on the grounds the selection of the smaller sizes is keener and the mean size of the 'medium' class

tends to be lowered by the inclusion of greater proportions of the smaller fish.

If there is an abundant supply of fish and low prices for large supplies of extra small haddock are anticipated on the day of landing, selection of these sizes is less exacting and a greater proportion is rejected. On the other hand if supplies have been shortened through continuance of bad weather conditions at sea then sharper selections of the smaller sizes of haddock are to be expected from those vessels which anticipate being able to sell their catches on a short market immediately after the cessation of the stormy weather.

The fish exposed in the markets for sale therefore represent very variable proportions of the total catches made, the proportions of the smaller sizes fluctuating greatly according to circumstances.

For a study of the relationships of the landings to the total catches very extensive data placed at the disposal of the Fishery Board for Scotland by the Ministry of Fisheries (England) have been recorded at sea by "measurers" employed on commercial vessels fishing in specified statistical areas. Large and representative samples of the total catches have been measured from which the appropriate data for the total landings from each area have been calculated. Voluminous though these data are they are necessarily limited to the areas fished by the commercial vessels on which the observations were made and therefore do not provide continuous monthly records of the conditions in any particular area.

The northern North Sea and adjacent haddock fishing grounds are fished consistently throughout the year by steam trawlers landing their catches at the port of Aberdeen. The statistics of the landings along with those at all other British ports are issued by the Ministry of Fisheries (England) as a series of monthly charts which provide information as to the total number of hours' fishing and the total weights of fish caught per 100 hours fishing for each unit statistical area into which the region is divided.

The haddock as landed at Aberdeen market are sorted into five categories designated 'extra large', 'large', 'medium', 'small', and 'extra small' and are exposed for sale in boxes of uniform size. Although monthly data as to the total weights of each category landed at the Aberdeen market are available, these are not sufficiently detailed for the present analysis since the standard of selection adopted not only vary from area to area and from season to season but change from time to time to meet trade demands by the buyers. Monthly data for each area have therefore been collected as to the mean weights of fish in standard boxes of each selection, the mean numbers of fish per box and the extreme range in sizes in each category. In addition ichtyometrical details of sample boxes in representative catches have provided more complete information as to the size-frequency-distributions of the total catches from the several areas. Notes have also been kept systematically as to the weight of fish rejected during trawling operations in relation to the weights landed at the market.

The collection of the extended data has been in the competent hands of Mr. R. M. Thomson whose wide knowledge of the fishing operations and long experience of market conditions have been invaluable for the work. We are also greatly indebted to the industry for the facilities its members have at all times afforded for the collection of such continuous and comprehensive material.

STATISTICAL AREA C13.

The grounds in the vicinity of Aberdeen are fished more systematically by vessels landing their catches at Aberdeen than those situated at a distance from that port. Many of these distant grounds are only fished seasonally so that the data from the former area are more regular in their incidence. On account of this and with a view to making a thorough investigation of the relation between the character of the landings and that of the total catches from a restricted area the Statistical Area C13 has been chosen for detailed study. This area is situated off the Aberdeenshire coast and is fished almost exclusively by steam trawlers landing their catches at Aberdeen market. It is bounded by the lines of latitude 57°N. and 57°30'N. and by the lines of longitude 1° and 2°W. and excluding the territorial zone the area is somewhat less than 900 square miles in extent. The area is varied in character with a mean depth of from 40 to 45 fathoms, shallower water down to 20 fathoms occurring in the neighbourhood of the coast, and greater depths in the Buchan Deep (65 fathoms) and at the Dog Hole (70 fathoms).

Intensity of Fishing.

The region is one of the most intensively fished areas in the northern North Sea. The following table gives the total number of hours' trawling and the total weights (in cwts.) of haddock landed from the area at British ports in each of the years of the period 1923 to 1931 (inclusive).

The intensity of fishing varies greatly throughout the year, operations being carried on most intensively in the fourth and first quarters of the year as is shown by the following mean percentages for the period 1923—1931 (inclusive).

	1st Quarter	2nd Quarter	3rd Quarter	4th Quarter
Percentage Hours Fishing ...	25.6	12.6	21.0	41.8

The haddock landed are sorted for sale into four categories — 'extra small', 'small', 'medium' and 'large', no extra large haddocks appearing in the catches from this area.

There is sometimes considerable overlap in the sizes of fish included in adjacent categories but during the period from 1923 to 1931 the standards of selection for the 'mediums' and 'smalls' have remained very consistent, the former varying round a mean length of 34 cm., the latter mean falling about 29.5 cm. There is a wide range of variation in the mean sizes of the 'large' selection owing to the fact that the fish are few in numbers and all above medium size are therefore included in the one class. The largest fish which have occurred in this class measured 53 cm. Similarly the class 'extra small' in which are included all below 'small' size shows considerable variation. Occasionally fish as small as 17 cm. in total length have been found included in this category.

The fishery is, however, very definitely one for 'small' and 'extra-small' haddock and the bulk of the landings consist of fish which range between 25 and 33 cm. in length.

The following table gives the percentage occurrences by weight of the four categories in each of the years.

Table II.

Percentage Occurrences by Weight of the Trade Categories in the Total Landings at Aberdeen Market 1923—1931 (incl.).

Years	Large	Medium	Small	Extra Small
1923	6.5	14.1	40.8	38.6
1924	12.5	14.2	20.4	52.9
1925	5.7	5.1	13.8	75.4
1926	10.4	11.1	21.6	56.9
1927	8.9	9.4	17.9	63.8
1928	3.5	6.3	18.2	72.0
1929	4.3	6.9	13.3	75.5
1930	1.3	1.9	5.3	91.5
1931	3.8	7.8	14.5	73.9

The combined percentage weights of 'smalls' and 'extra-smalls' in the landings were lowest in the years 1924 and 1926, the weights of the other categories being augmented by survivors from the prolific year classes of 1920 and 1923 respectively. On the other hand the combined percentages of the 'extra-smalls' and 'smalls' reached the phenomenally high figure of 96.8 in the year 1930 owing to the dominance in the area of fish which had been born in the spring of 1928.

The percentage proportions of small fish in the market landings depend not only on the character of the catchable stock but on the standards of selection which have been adopted. To obtain a general view of the varying relationships between

Table I.

Year	1923	1924	1925	1926	1927	1928	1929	1930	1931
No. of Hours' Fishing . .	49,135	27,951	35,842	43,207	43,228	37,899	31,121	39,518	48,339
Cwts. landed	29,235	9,862	24,518	40,069	31,652	34,244	20,702	47,874	44,385

the weights of the total catches and the weights of the rejected portions throughout the period the following diagram has been constructed.

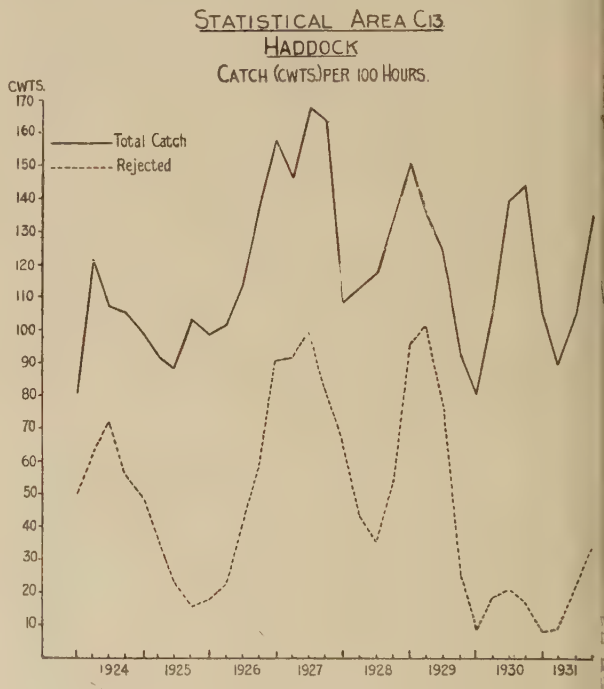

Fig. 1.

The agreement in the general trend of the graph for the total catches with that of the "rejected" fish suggests that the fishery is essentially one for small fish. The rejected fish, however, constitute very varying proportions by weights of the total catches and a well marked change is apparent beginning in the third quarter of the year 1929.

From prepared tables showing the size-frequency-distribution of fish in the total monthly landings it has been possible to calculate the percentage frequencies of occurrence of fish under any given size in each quarter of the year. Prior to the second quarter of the year 1929 no haddock less than 21 cm. in total length caught in area C13 was exposed for sale in Aberdeen Market. The following table gives the percentages of occurrence of haddock of 20 cm. and under in the quarterly

landings from April—June 1929 to October—December 1931.

Table III.

Percentages of Haddock in Total Landings 20 cm. and under in length.

Year	1st Quarter	2nd Quarter	3rd Quarter	4th Quarter
1929	—	0.2	1.5	3.9
1930	2.9	7.8	0.7	0.2
1931	1.6	0.2	0.0	0.0

The percentages represent the wave of the prolific upgrowing age-class born in 1928 from the time some of the quickest growers were large enough to be included in the market category 'extra-small' until all members of the brood exceeded 20 cm. in length.

A similar table has been drawn up to give the percentages of occurrence of haddock 25 cm. and under in length in the market landings.

Table IV.

Percentage Occurrences of Haddock 25 cm. and under in length in the Aberdeen Market Landings.

Year	1st Quarter	2nd Quarter	3rd Quarter	4th Quarter
1923	—	—	—	2.2
1924	2.9	11.1	9.6	17.1
1925	24.2	11.0	14.0	9.6
1926	8.4	6.5	8.9	10.6
1927	5.0	5.3	6.4	15.4
1928	15.5	25.9	12.9	22.9
1929	20.5	25.3	61.8	81.1
1930	75.4	87.4	56.3	46.3
1931	64.4	36.0	14.8	15.7

A haddock of 25 cm. in total length is a comparatively small fish but during the period under review greater or less proportions of this size were included in the market landings.

The general decline in the absolute numbers of large and medium fish in the latter part of the period compelled a sharper selection of the smaller sizes and the introduction of the method of block filleting enabled greater proportions of the prolific 1928 brood which otherwise would have been included in the 'rejected' class to find a sale on the market. Had the standard of selection adopted in the earlier years of the period been continued in 1930 the weights of the landings of haddock from CI3 in that year would have been very substantially reduced. The weights of fish landed at the markets give a very imperfect picture of the productivity of an area.

Analysis of Total Catches.

In order to facilitate the analysis of the data the total catches classified commercially by weights in the categories, 'rejected' ,'extra-small', 'small', 'medium' and 'large' have been re-classified into the appropriate age-groups and for each of these the total weights and size-frequency-distributions have been calculated both for the 'rejected' and 'marketable' portions of the total catches. To ascertain the relative abundance and size distributions of the rejected fish two methods have been adopted. Firstly, a detailed analysis has been made of representative samples of the total catches landed from time to time by request from commercial vessels fishing in the area and, secondly, a comparison has been made with the data of the size-frequency-distributions of the catchable stock on the grounds obtained from periodic experiments carried out by the Research Vessel "Explorer" within the area with standard commercial fishing gear. There is therefore available a series of monthly data during the period 1924 to 1931 giving the estimated totals and the size-frequency-distributions of all fish caught by commercial vessels, whether brought to market or rejected. The age-compositions of the total monthly catches have been determined by means of the copious scale samples collected both on the market and on the periodic cruises of the Research Vessel.

To further simplify the analysis the monthly data have been examined not according to calendar years but to 'haddock-years' presumed to commence in the month of April with new growth when the individuals enter a higher age-class. By summing the monthly totals the contributions made by each age class either to the rejected or to the marketable portions of the catches can be ascertained for each 'haddock-year'.

The age-composition of the catchable stock varies from year to year and the percentage age-composition is altered by the entry of each successive year class into the catchable stock. The following table gives the percentage age-composition both by numbers and weight of the entire catches made within the area in the seven 'haddock-years' commencing April 1924 and ending March 1931.

The mean percentage age-composition for the whole period for all catches has also been calculated. With increasing age the haddocks increased in average size and weight and hence the percentage weights of fish in the older age groups are always greater than the percentage weights of a similar number of fish in the lower age categories. The contribution by weight of a small number of large fish to the total catch may be equal to that of a large number of small fish. The catches consisted mainly of haddocks between one and three years of age, the two age groups taken together contributing approximately 84 per cent. by numbers and 87 per cent. by weight during the period under review. The one year old haddock were the more numerous and exceeded half the entire catch of all age groups but the weights of the one and two year old fish

were almost equal, the percentage contributions being 44.7 and 42.1 respectively.

The age-composition of the catchable stock varies from year to year, these differences arising mainly from the absolute abundance or scarcity

Table V.

TOTAL HADDOCK CATCHES

Yearly Percentage Age-Composition.

Numbers (N) — Weights (W).

Year		Age 0+	Age I+	Age II+	Age III+	Older Age Classes
1924	N	0.1	**93.6**	1.9	0.4	**4.0**
	W	0.0	84.9	3.4	1.2	10.5
1925	N	2.2	13.4	**82.7**	0.2	1.5
	W	0.7	8.3	86.5	0.4	4.1
1926	N	**41.1**	30.1	19.3	**8.7**	0.8
	W	18.3	31.7	28.6	17.2	4.2
1927	N	0.1	**83.9**	13.0	2.4	0.6
	W	0.0	74.6	18.5	4.8	2.1
1928	N	**35.9**	23.9	**38.7**	0.9	0.6
	W	16.6	24.3	54.4	2.3	2.4
1929	N	4.7	**91.5**	1.5	2.2	0.1
	W	2.4	88.1	2.6	6.4	0.5
1930	N	0.1	23.6	**76.0**	0.1	0.2
	W	0.0	19.6	79.2	0.4	0.8
1924-1930	N	12.5	51.6	32.5	2.4	1.0
	W	5.3	44.7	42.1	4.7	3.2

of particular year classes on the fishing grounds. In the 'haddock-year' 1924 a relatively small number of fish in the older age classes contributed a good share to the weight and a considerable share to the value of the landings. This large contribution by the older year classes in 1924 was almost entirely due to survivors from the brood born in 1920 which initially had great numerical strength.

A prolific year-class makes its influence felt in the first year and if fishing has been intensive in the later half of the year when many of the brood have grown large enough to be retained by the cod-end meshes they may appear in considerable numbers in the total catches. It is evident from the table that 1926 and 1928 were two such years and that in each case the influence of these two numerous broods was reflected in the age-composition of the total catches in the immediately following years. It is also seen from the table that the year class 1923 had an equally strong influence on the character of the catches in the area, this year class dominating the catches in 1924 and 1925, while in 1926 although considerably reduced in numbers it gave important contributions in weight and value to the total catches.

The two tables on page 13 which are to be taken together and which give for each 'haddock-year' during the period 1924 to 1931 the total numbers and weights of each age-class in the total catches and the respective percentages of rejected fish need no elaborate explanation.

During the seven years 1924 to 1931 an estimated total of over 141½ millions of haddocks weighing approximately 334½ thousand cwts. (or 16,725 tons) was taken from Statistical Area C13 and of this total 51 per cent. by numbers and 35 per cent. by weight was shovelled back into the sea as being too small for market purposes. This destruction of the haddock population begins in the first year of life of the species and practically all fish caught at this early stage are rejected. The absolute magnitude of the destruction is, however, low owing to the fact that in the earlier months of the year the young haddock are still leading a pelagic life and in the later months a large percentage of them is still too small to be retained by the cod-end meshes of the trawl. The fishery is most destructive of fish in their second year of life and these constitute as a general rule over half the population. An average of 64 per cent. of the numbers of fish of this age (over 53 per cent. by weight) is returned to the sea dead. The proportions destroyed were much greater in the earlier half of the period and were only lessened in the later half by the keener selection of the smallest sizes from the total catches. Destructive fishing still goes on in the third year of the haddock's life but diminishes in intensity as the most of the growing brood reach minimum market size by the end of the summer period. Nevertheless over 837 tons of these quick growing fish just slightly below minimum market size were destroyed in this area alone during the seven years.

Statistical Area C13 has been chosen merely for convenience as a typical 'small-haddock' area. Destruction on more or less the same colossal scale takes place in all other small-haddock areas.

Appendix B.

A Comparison of the Vigneron-Dahl Trawling Gear with the Ordinary Otter Trawl in the Haddock Fishery.

Data, derived from two sources, are available for a comparison of the fishing power of the Vigneron-Dahl (V. D.) trawling gear with that of the Ordinary Otter Trawl (O. T.) as used in the haddock fishery in the North Sea.

The V. D. gear was first introduced into the haddock fisheries of the North Sea in the year 1923 but some considerable time elapsed before this method of fishing (or some modification thereof) was generally adopted by steam trawling vessels.

Table VI.

"HADDOCK" YEARS 1924—1930 (INCLUSIVE).
Total Numbers (thousands) caught and percentages rejected.

Year	Age 0+	Age I+	Age II+	Age III+	Older Ages	Total Numbers 1000's
1924	16	13988	286	66	593	14949
%	**100**	**75.3**	**17.1**	**1.3**	—	**71**
1925	314	1914	11811	22	224	14285
%	**100**	**78**	**24**	—	—	**33**
1926	9204	6758	4331	1955	161	22409
%	**100**	**70**	**23**	**4**	—	**67**
1927	37	24655	3824	710	158	29384
%	**100**	**78**	**34**	**5**	—	**70**
1928	7435	4968	8026	193	120	20742
%	**100**	**59**	**17**	**2**	—	**57**
1929	793	15375	250	367	23	16808
%	**88**	**36**	**26**	**1**	—	**37**
1930	18	5440	17533	34	40	23065
%	**100**	**44**	**6**	—	—	**15**
1924-1930	17817	73098	46061	3347	1319	141642
%	**99**	**64**	**17**	**4**	—	**51**

Table VII.

"HADDOCK" YEARS 1924—1930 (INCLUSIVE).
Total Weights (cwts.) caught and Percentages rejected.

Year	Age 0+	Age I+	Age II+	Age III+	Older Age Classes	Total Weight Caught (cwts.)
1924	17	27919	1121	346	3465	32868
%	**100**	**65.5**	**9.4**	**0.6**	—	**56.0**
1925	344	3942	40862	174	1930	47252
%	**100**	**71.7**	**15.5**	—	—	**20.1**
1926	9150	15820	14264	8619	2087	49940
%	**100**	**61.6**	**16.6**	**2.2**	—	**43.0**
1927	37	50178	12424	3201	1422	67262
%	**100**	**67.5**	**23.2**	**2.6**	—	**54.8**
1928	7514	11064	24809	1079	1086	45552
%	**100**	**51.4**	**11.8**	**0.6**	—	**35.5**
1929	773	29074	859	2122	177	33005
%	**84.2**	**26.5**	**15.5**	**0.7**	—	**25.8**
1930	20	11489	46462	234	410	58615
%	**100**	**38.4**	**4.3**	—	—	**11.0**
1924-1930	17855	149486	140801	15775	10577	334494
%	**99.2**	**55.2**	**11.9**	**1.9**	—	**35.1**

During the period of transition when both types of gear were in general use "Measurers" were employed by the Ministry of Fisheries (England) on commercial vessels using these two types of trawls and there are therefore available for comparison data of catches of haddock made by the two gears during the same months within the same statistical areas. Detailed information is also available concerning the number of hours' fishing in each case as well as of the size-frequency-distributions of the haddock caught, so that both quantitative and qualitative comparisons can be established between the catches made by the two methods.

In the months of February, March and April, 1926, the Scottish Research Vessel "Explorer" carried out a series of trawling experiments with O. T. and V. D. gear in the neighbourhood of Aberdeen. The catches made by the two types of gear are comparable, having been obtained from the same grounds.

(a) Experiments by the Scottish Research Vessel "Explorer".

These experiments were carried out in two series, one series of hauls being taken in a depth of 110 metres, the other in shallower water in depths ranging from 30 to 36 metres. Ten hours' trawling was carried out at each position with each net. The total number of haddocks caught during the 40 hours' trawling was 10,231 (6363 by V. D. gear and 3868 by otter trawl). The individual catches were very similar as regards the size composition of the haddocks taken and the separate hauls with each type of gear have been combined. The size-frequency-distributions per thousand fish caught by the two trawls are as follows:

FREQUENCIES.

Size in cm.	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
V. D.	—	4	11	29	35	29	81	153	156	98	60
O. T.	2	3	13	23	30	55	77	168	167	101	73

Size in cm.	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
V. D.	71	63	65	36	27	21	17	8	8	8	3	5
O. T.	61	51	46	33	29	18	15	12	4	7	2	3

Size in cm.	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
V. D.	3	2	1	1	1	1	—	1	—	1	1
O. T.	1	1	2	1	—	1	—	—	—	1	—

The cod-end meshes of the V. D. net were very similar in size to those of the O. T. In both nets the 1924 year class, with a mean size of approximately 22.5 cm. was of most frequent occurrence but the larger sizes of the 1925 year class were also retained by the cod-end meshes of both nets. The mean size of the individuals of the latter group retained in each net was approximately the same, namely, 18.5 cm. The actual numbers of individuals of the youngest year class varied in the separate hauls but the mean numbers per 1000 fish caught by the V. D. and O. T. nets were 92 and 84 respectively. The size-frequency-distributions per 1000 fish caught are, however, very similar for both nets and do not differ from each other more than one would expect in random sampling. In other words, there was no appreciable difference in the selective action of the nets with respect to the smaller sizes of the haddock population on these grounds.

In view of this similarity of selective action, the comparative catching power of the two nets may be ascertained directly from the data without any adjustment. The relative catching power of the two nets may be obtained by calculating the efficiency ratio:-

Depth	Gear	Nos. Caught	Ratio
110 metres	V.D. / O.T.	3911 / 2991	1.3
30—36 „	V.D. / O.T.	2452 / 877	2.8
110 „ / 30—36 „	V.D. / O.T.	6363 / 3868	1.64

The V.D. gear caught more haddock per trawl hour than the commercial O.T. at both positions. Since there was no difference in the selective action of the nets with respect to the smaller sizes of fish it follows that while the V.D. gear was more effective for the capture of marketable sizes of haddock than the ordinary commercial trawl, it was at the same time more destructive of those unsaleable sizes which were retained by the cod-end meshes of the net.

(b) Ichthyometrical Data.

Comparable data obtained from catches made both by the V.D. gear and by the Otter Trawl in the same statistical areas in the same months are available for the period extending from October 1924 to January 1926. The observations were made chiefly in the middle North Sea, practically the same areas being investigated in each quarter of the year. The area covered includes grounds showing different characteristics with respect to the relative abundance of the component age-groups in the haddock shoals.

Thirty-nine statistical areas were sampled by both types of gear, a total of 387,515 haddocks being secured in 862 trawl hours with the V.D. gear and 167,198 in 528 hours fishing with O.T. The numbers of hours' trawling in the different areas varied from month to month but, in the case

of the V.D. gear, only on five occasions did the number in any area fall below five per month while the records for the O.T. gave nine similar instances. The monthly size-frequency-distributions of the total catches made by each net in the different areas were ascertained from the measurements of large representative samples on each voyage.

The results show that the size composition of the catches made by the two nets in any particular month in the same area are very similar; the same age-groups are present in the catches in approximately the same proportions. The differences which do occur are not more than one would expect from the fact that the data for each type of net were obtained chiefly from the records made on vessels fishing independently on different grounds within the same statistical areas. The differences between the size-frequency-distribution of the catches made by V.D. gear and O.T. are in fact not greater than those found to occur in catches made by vessels fishing independently with the same kind of gear.

In order to test more rigorously whether there are any significant differences in the selective action of the two nets on the haddock population, the following method of dealing with the volumious records has been adopted. The monthly records in each area have first been reduced to size-frequency-distributions per 1000 fish caught and from these the averages for all areas combined have been calculated for each three-monthly period. The final result, accepted as giving the approximate mean size-frequency-distribution per 1000 fish caught during the sixteen months of the investigations has been obtained by averaging the three-monthly averages.

Haddock.

Size-Frequency-Distribution per 1000 Fish Caught
October 1924 to January 1926.

Size in cm.	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
V.D. Gear .	1	1	1	4	13	29	44	55	59	67	76
Otter Trawl	1	1	1	3	10	22	37	51	54	59	62

Size in cm.	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
V.D. Gear .	80	82	75	71	62	54	45	36	30	24	19
Otter Trawl	68	71	70	73	70	68	59	45	33	26	21

Size in cm.	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
V.D. Gear .	14	11	9	8	6	5	4	2	2	2	1
Otter Trawl	17	13	10	9	8	6	5	5	4	3	2

Size in cm.	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
V.D. Gear .	1	1	1	1	1	—	—	1	—	—	1
Otter Trawl	2	2	2	1	1	1	1	—	1	—	1

Size in cm.	60	61
V.D. Gear .	—	1
Otter Trawl	—	1

The main characteristics of these two size-frequency-distributions may be expressed by the following:-

	Smallest Size	Lower Quartile	Median	Upper Quartile	Largest Size
V.D. Gear .	16 cm.	24.6	27.9	31.6	61 cm.
Otter Trawl	16 cm.	25.2	28.8	32.5	61 cm.

In both nets the range of the sizes of fish caught extended from 16 cm. to 61 cm. and approximately half of the numbers caught were between 24 and 33 cm. in length. Although the median value for the V.D. gear is almost a centimetre less than that for the Otter Trawl, a detailed examination of the separate records show that this lowering of the value is due mainly to the excessive preponderance of individuals of the prolific year class in the catches made by that apparatus in the last quarter of 1924 and in the first quarter of 1925. The greatest difference between the medians for comparable hauls with the two nets does not exceed 1.8 cm. The agreement between the size-frequency-distributions of the catches made by the two sets of gear in the same area in the same month is very close and in general no significant differences are evident in the selective action of the two types of nets on the haddock populations. In view of the fact that the records are compiled, not from successive hauls taken at the same locality but from independent experiments in the same statistical area and that the sizes of the cod-end meshes used in the various experiments have not been taken into consideration, those differences which do exist are not greater than one would expect to find in such a series of experiments. In short, the results of the various experiments demonstrate quite conclusively that, when the cod-ends of the nets used by commercial vessels have meshes of similar dimensions, there is practically no difference in the selective action of the two types of net on the haddock population. The results confirm the more exact, if more limited number of experiments, carried out by the Scottish Research Steamer "Explorer".

To compare the catching power of the two nets the catches per 10 hours' fishing in each area have been computed from the monthly data Omitting records from areas in which trawling has been carried on for less than five hours per month, there are only three instances in which the otter trawl caught more haddocks per trawl hour than the V.D gear in the same area in the same month. The range of variation of the ratio $\frac{\text{V.D.}}{\text{O.T.}}$ is from 0.6 to 4.9 and the averaged results give a ratio of 1.6. In other words the V.D. gear catches about 50 per cent. more haddock than the Otter Trawl in the same time.

The following are the summarised results for all the experiments:-

	V.D. Gear	Otter Trawl
Number of Hours' Trawling ...	862	528
Total Haddock Caught	387,515	167,208
Numbers Caught per 10 hours	4,495	3,167
Ratio of efficiency	$\frac{\text{V.D.}}{\text{O.T.}}$	= 1.42

As there is no significant difference in the selective action of the two types of net on the haddock population, it is obvious that while the V.D. gear catches on the average 50 per cent. more marketable haddock than the Otter Trawl for the same number of trawling hours, it also destroys on the average 50 per cent. more haddock of unsalesable size.

Appendix C.

The Food and Feeding Habits of the Haddock.

By
ALFRED RITCHIE, B.Sc.

As part of the programme for the intensive investigation of the haddock of the North Sea plateau carried out by the Fishery Board for Scotland, the question of the food and feeding habits of that species has received systematic treatment. The material for this study was collected throughout the trawling cruises of the Research Vessel "Explorer" during the years 1927—1931 (inclusive). Each catch of haddock was sorted out into five-centimetre groups, except for those fish up to 20 cm., which were collected as one group. A representative sample of stomachs (with their contents) was taken from each of these and preserved for examination in the Laboratory. The results of the examination of this abundant material, now collected from many areas at all seasons of the year, is at present being subjected to detailed analysis, and in the following, a brief outline of some of the conclusions already in evidence is given.

Pelagic Feeding.

The haddock, after its early pelagic life, depends chiefly on benthic animals for its food. The adoption of the demersal habit characteristic of the adult is, however, gradual and there is considerable evidence to show that, not only in the late autumn of the first year of life, but even in the second year, the young demersal haddock may at times rise from the sea-floor to prey on certain pelagic forms. These excursions to the upper water layers in search of food, which appear to take place most frequently in the autumn months, are not confined to any particular area.

Thus, on two occasions in October 1928 in area D11, small haddocks up to 20 cm. in length, caught by trawl, had been feeding heavily on the pelagic mollusc *Limacina retroversa* whilst such typical pelagic forms as the copepoda *Centropages typicus* and *Calanus finmarchicus*, were also included in the diet at that time.

Again, in October 1930, in areas D14 and D20 there was taken by trawl a wide range of sizes of haddock, the contents of the stomachs of which showed clearly that they must have been feeding pelagically a comparatively short time before capture. In the first of these areas haddock less than 21 cm. in length were feeding mostly on *Limacina retroversa*, a few also taking the pteropod *Clione limacina*, whilst of fish from 21—25 cm., 12 per cent. of the stomachs contained both these species. In area D15 *Clione limacina* was the chief food up to 20 cm. in length and was observed in 49 per cent. of the stomachs examined. This form was also present in 28 per cent. and 11 per cent. of the stomachs of fish from 21—25 cm. and 26—30 cm. respectively. *Limacina retroversa* was the principal pelagic food in area D20, occurring in quantity in 20, 38, and 10 per cent. respectively of the stomachs of the three size groups up to 30 cm.

In May 1928 *Calanus finmarchicus* was consumed in considerable quantities by comparatively large haddock in area G15, 34 per cent. of the stomachs of the size group 21—25 cm. containing this species which was also got in 15 per cent. of the stomachs of fish from 26—30 cm.

Diversity of Taste for Food Forms.

When the haddock has settled down more or less permanently to demersal feeding habits, it depends almost exclusively on animals which live on or in close proximity to the sea floor. It feeds on various types — Echinoderms, Crustacea, Annelids, Molluscs, Tunicates and Fish — and in so doing preys on animals differing widely in structure and activity, such as the purely sedentary *Ascidiella aspersa* in area A15, the quick-moving *Crangon allmanni* or such rapidly-swimming fish as Sand-eels.

Young haddock after adopting a demersal life generally seek the warmer and shallower waters

to feed and grow during the earlier years of life, until the first general spawning migration in the third winter. During this time no extensive movement takes place. The wide area which these fish inhabit is populated by a fauna whose distribution along the sea floor is not a random one but conforms to certain variations in the prevailing physical conditions.

Much of the food taken by the haddock is available throughout the whole year, and the density of the populations of the different animals which make it up depends on the extent of survival of the very young annual broods and the rate of their destruction by agencies other than haddock. The general conformity of the sea-floor and the nature of its bottom fauna around the coastal zones is such that the types of food available are different in many adjoining areas.

It is not surprising, therefore, that throughout the North Sea the types of food taken show a wide degree of variation, a fact which demonstrates the adaptability of the haddock to its feeding environment. Whilst it has a preference for certain bottom forms at particular places and times, the species in general shows a wide diversity of taste with regard to its choice of food. Some forms appear more regularly and more abundantly in the diet than others, but the fact that a total of 188 recognised species has been enumerated as occurring in the stomachs merely serves to emphasise the great adaptability of this fish. When the favoured food is scarce there is a long and varied list of substitutes on which to draw.

Certain areas are naturally more productive of haddock food than others and in those where there is extensive variation in the types all animals are not preyed upon equally throughout the year. Thus in C13 the chief food species present on the fishing grounds are Ophiura *(Oph. albida* and *Op. texturata), Amphiura, Crangon allmanni, Portunus,* several annelids such as *Lanice conchilega, Arenicola marina, Phyllodoce, Nephthys, Lagis Koreni, Echiurus vulgare, Nereis virens,* besides certain molluscs such as *Solen ensis, Solen siliqua, Tellina fabula* and *Syndosmya alba,* but the extent to which each is preyed upon varies during the year. For example, in February 1927 the diet of all haddock present in that area was a mixed one consisting of *Ophiura, Amphiura,* several *Polychaets, Solen* and *Syndosmya alba,* but in June of the same year only three forms were taken, namely *Ophiura albida, Ophiura texturata* and *Tellina fabula.* The changing nature of the food in certain adjoining localities is clearly demonstrated further out in the deeper waters of the same area, where, at that time, haddock were feeding on the small urchin *Echinocyamus pusillus* as well as on certain *Polychuet* forms.

So cosmopolitan is the haddock in its choice of food that in areas where there is a plentiful supply it may exploit different types in a short period of time. This was shown by the examination of a considerable amount of material which was collected in February—March 1928 from one locality in area C13, during an extensive series of experiments on cod-ends.

Over wide areas the haddock has been found to feed on several types at the same time, yet it often for long periods depends on the capture of very limited numbers of species. This feature is well exemplified in the conditions which have been found to exist in the deep-water grounds off the south coast of the Moray Firth — an area of good growth for the haddock. There the food is confined chiefly to two forms, viz:- *Amphiura* and the hermaphrodite crustacean *Calocaris macandreae,* although in the earlier months of the year Polychaet worms may contribute a small share to the food supply. During each of the five years of the investigation there has been practically no change in the feeding habits of the haddock in this area. The extent to which each species contributes to the food of the different size ranges varies, for it is generally found that the bigger fish feed more on *Calocaris* than the smaller, which prey more on *Amphiura.* The greatest population of Calocaris in the western North Sea is centred in this region, but if it were to become scarce at any time, the haddock located there would probably feed more on Amphiura, a species which is often for long periods the sole food further west in the Dornoch Firth.

Fish do not form a regular diet of the haddock although at certain places and times they may contribute a most important part of the food supply. The sand-eels (Ammodytes) — both postlarval and adolescent — are the most important in this respect, and, on the grounds to the north and west of Scotland the abundance and distribution of these play a most important role in the movements of the haddock shoals during the feeding period. They have been got preying on the young of their own species, but young and postlarval fish — with the exception of the sand-eels — are of very infrequent occurrence in the stomachs. Herring and small mackerel are sometimes taken as food, more especially in areas where these forms are abundant, as shown by the frequency of their occurrence in the stomachs of the more regular fish eaters.

Herring eggs, although providing a source of nourishment for very limited periods each year, play a most important part in the food economy of the haddock. Yearly, vast shoals of haddock congregate in spring on the spawning grounds of the North, West and Viking Bank, and in August and September on the autumn spawning grounds of the north-western area, there to feed ravenously on this nutritious diet.

Whilst all food animals are not equally exploited at any one time in many of the shallow water localities, there are certain regions in the offshore deeper grounds, where the populations of

individual species are not dense enough to form a normal haddock diet. In these places the food is made up of a large number of forms representative of the different animal groups. Thus in area C11, where the food is of this type, a sample of stomachs gave twenty-two species, distributed as follows:-

Echinoderms 3, Crustacea 5, Annelids 7, Molluscs 6, Tunicates 1.

Likewise east of the Moray Firth the haddock depends on several types of animals, as for instance:- Echinoderms — *(Amphiura, Echinocyamus, Ophiopholis, Ophiothrix)*, Crustacea — *(Pandalus, Calocaris, Crangon allmanni, Munida)*, Polychaets — *(Nephthys, Goniada, Nichomache, Ammotrypane, Enipo Kinbergi* and *Lagis)* and Molluscs — *(Solen pellucidus, Philine scabra* and *Syndosmya prismatica)*. All around Fair Isle several types generally make up the food, although at times *Echinocyamus* and *Ophiura* are the only forms taken.

In the deep central basin of the North Sea, however, where hydrographic conditions are unfavourable for growth, and feeding comparatively poor, *Amphiura* becomes the chief source of food supply over a wide area. In certain parts, this diet is sometimes supplemented by polychaets or occasional decapod crustacea.

On the west coast, when sand-eels are not available, the haddock usually falls back on a mixed diet of Echinoderms, Crustacea, Annelids and Molluscs. Just as in the deep water of the south coast of the Moray Firth, so in the deeper and muddy localities of the west coast, haddock may be found feeding exclusively on the two species, *Amphiura* and *Calocaris*, the latter as a rule being by far the more important.

Diet in Relation to Size of Fish.

In many of the fishing grounds there is a marked similarity in the composition of the food of the different size groups. When there are differences, the tendency is for the larger fish to prey upon the larger types of animals. Thus off the Aberdeenshire coast, in the latter part of the year, the smaller haddock sometimes take the two forms *Ophiura albida* and *Ophiura texturata* as a constituent part of their food, but the larger fish show a distinct tendency for the bigger and older members of the latter species. This is an instance of a body of haddock preying on more than a one year's brood of food animals. An example of variation in diet for different size ranges of fish is shown by the fact that, in October 1927 at a depth of 40 metres off the coast of Aberdeen, haddock up to 30 cm. were feeding on *Ophiura, Crangon allmanni,* and *Portunus,* whilst the food of the larger fish consisted of *Ophiura, Lanice, Phyllodoce* and *Clysera* — *Lanice* being the chief form. In the shallower water during the same period, whilst the diet of fish up to 25 cm. was an Echinoderm-Annelid one, those greater than 25 cm., were feeding on larger quantities of *Solen siliqua,* the volume of which increased with the size of the fish. Again, as already indicated in the Amphiura-Calocaris food area off the south Moray Firth coast, the diet tends to become more and more a *Calocaris* one in the larger fish.

That the larger haddock do not always prey on the larger types is shown by the records for certain areas where all sizes of this fish may feed on quite small forms. In the early part of the year the haddock off the north-east of Scotland feed on the quite young stages of Ophiura, whilst further into the middle of the North Sea in area E15 the diet for all fish consists chiefly of the very small bivalve *Cardium minimum.* In the Firth of Forth in July 1928 haddocks — consisting mostly of fish above 25 cm. in length — had been taking considerable quantities of the small Cumacean *Leucon nasicus,* whilst another, although larger cumacean — *Diastylis rathkei,* frequently occurs in the stomachs of all sizes of that fish in the shallow waters off the east coast of Scotland. Again in May 1927 all the haddock in area XX14 on the west coast were feeding voraciously on *Diastylis lucifera.* So great was the consumption of this small crustacean that the average volume per 100 stomachs of fish between 20 cm. and 40 cm. was 258 ccs. With reference to this form of feeding mention should be made of the very large volumes of the small bivalve *Pecten similis* which have been found in the stomachs of haddock ranging in size to almost 50 cm., taken in the Firth of Clyde. In this region in September 1928 the volumes of that species per 100 stomachs of fish from 30—35 cm. and 36—40 cm. were 432 ccs. and 577 ccs. respectively.

The data of the volumetric contents of the stomachs is not extensive enough for one particular year to show the precise nature of what comparisons may exist between different growth areas, but there is evidence that, on the average, the volumes of food taken by the slow-growing haddock of the central basin of the North Sea are smaller than those for corresponding sizes of fish in the areas of faster growth nearer the shore.

Variations in Relative Abundance of Food Forms.

One feature of great importance, especially relating to these latter, however, is the variation of the supply of new invertebrate forms which are added annually to the fishing grounds which they inhabit. There is a wide range in the spawning periods of the various animals which make up the food, and the rate at which they become available depends on their structure and rate of growth, but the young annual broods of certain animals —

particularly crustacea — serve as an important source of food during the autumn and early winter feeding season. The species to which these chiefly belong are *Crangon allmanni, Portunus (ch. P. depurator)* and *Pandalus annulicornis.*

This very nutritive type of feeding goes on each year over wide areas of the inshore grounds and may extend into deeper parts of the North Sea. The range of time during which it may occur is from late July to January of the following year, and its height is usually reached in September and October. Of the types mentioned, fully grown *Crangon allmanni* and *P. annulicornis* are an important source of food throughout the year in widely scattered regions.

The exact nature of this food is influenced by the distribution of the different forms which make it up, and that there may be local differences is shown by the records of September 1929 for an area extending from the Firth of Forth eastwards to C11. At that time, haddock on the north side of the Firth were feeding on *Crangon* whilst the food at the south side was made up of young *Portunus* and young *Porcellana.* Near the mouth of the Firth both Crangon and Portunus were equally important, whilst the prevailing form eastwards from C11 was young *Portunus.*

The varying degrees of survival of the larval forms and the differences in the distribution of the respective species have their influences on this food in different regions from year to year. Thus, in the deep waters in area C13 *Crangon allmanni* was the predominating species in September 1928, and for the same month in 1929 it was *Portunus,* whilst in 1930 both these forms were present in abundance on this ground and were both important as food.

IV

THE EFFECT OF THE PLAICE FISHERY ON THE STOCK OF UNDERSIZED PLAICE AND ITS INFLUENCE ON THE YIELD OF THE PLAICE FISHERY IN THE NORTH SEA.

BY

AAGE J. C. JENSEN,
COPENHAGEN.

A. General Survey.

A year's recruiting of any stock of marketable fish is determined by:

(1) The growth rate. (2) The amount of undersized fish which, on account of this growth rate, can develop into marketable fish in the course of one year (the recruiting stock). (3) The death rate of the stock from which the marketable fish is recruited.

With regard to the effect of the fishing the stocks may be divided into two groups:-

(1) In cases where the growth rate is influenced by the food competition among the stock of undersized fish, there is a possibility that a thinning out of the stock might be beneficial to the fishery. The food competition is diminished by the fishery destroying some of the undersized fish, and it might be presumed that the growth rate could be increased to such an extent as to counteract the diminution of the recruiting stock.

(2) As regards the other group of fish, however, where the growth is not limited by food competition among the stock, a fishery that reduces the amount of recruiting fish will never be beneficial to the stock.

Within this group of fish we may consider separately, a) the stock of fish where the amount of the yield of the fishery is determined by the amount of the recruiting stock, and b) the stock of fish where this is not the case.

ad 2 a) For various stocks of fish in this group, the haddock for instance, it has been proved that the yield of the fishery varies from year to year in proportion to the frequency of the year classes a couple of years before, and in these cases it is possible that a destruction of undersized fish reduces the stock of marketable fish perceptibly.

ad 2 b) A destruction by the fishery of undersized fish, naturally, is not injurious to the recruiting of the commercial fish or to the yield of the fishery in the future in this class where the annual fluctuations in the amount of fish it is possible to take by the fishery, are not dependent on the frequency of the year classes (or on the size of the stock of undersized fish), but on other causes.

B. Development of the Fishery and of the Stock of Plaice in the North Sea, and their reciprocal Effects.

Only in the case of the plaice has it been proved that the growth of the recruiting stock is determined by the food competition among the undersized fish. But it is probable that the growth of undersized fish of various stocks of other flatfish is also determined by the food competition among the undersized fish of these species.

In the case of the plaice on the nursery grounds in the Horns Reef Area I have been able to prove that a strong year class checks particularly the growth of the plaice of this year class, because plaice of the same size compete more with each other than plaice of different sizes [1]). This appears also very clearly from the calculations made by Miss Thursby-Pelham, regarding the lengths of the various age groups on the nursery grounds in the south-eastern North Sea [2]). Especially the rich year class of 1922 is distinguished by a comparatively small average length.

If the amount of undersized plaice in the south-eastern North Sea is reduced the growth rate will increase, and thereby the diminution of the recruitment of the commercial plaice will be counteracted for the following reasons:-

(1) Each individual growth increment of the recruiting plaice becomes greater in the course of a like period.

(2) The plaice which in the course of the year grow sufficiently to recruit the marketable fish will now, on account of the increased growth rate, include some smaller plaice in addition to the size groups which used to furnish the recruits for the marketable sizes, i. e. the commercial plaice is now in the course of one year recruited from a larger size interval than formerly, i. e. normally from a greater number of plaice.

---

[1]) Aage J. C. Jensen: An Investigation of the Stock of Plaice in the Southern Horns Reef Area in the Years 1925 and 1927. — Medd. f. Komm. f. Havunders. Ser. Fiskeri. Bd. VIII Nr. 6. 1928. p. 33.

[2]) D. E. Thursby-Pelham: Report on the English Plaice Investigations in the North Sea during the Years 1924 and 1925. — Fishery Invest. Ser. II. Vol. X. No. 3. 1928. p. 33 ff.

(3) The average recruit will be younger on account of the increased growth rate, and since a younger age group normally consists of more plaice than an older one — the number of a year class being reduced each year on account of the fishery as well as other causes of death — the number of the recruits is thereby increased. The fact that plaice on the nursery grounds are subjected to a destruction of no little importance by rapacious fish is illustrated in the case of one single cod of 77 cms length caught by the „Dana" in May 1932 which contained 11 plaice varying in length from 10 to ca. 22 cms.

The question is whether the decreasing effect of the fishing of undersized plaice upon the renewal of the marketable stock is outweighed by the beneficial effects, direct and indirect, of the reduced food competition.

Relevant investigations made by Dr. Russell and Dr. Bückmann on the basis of statistical computations of the changes in the stock on account of changes in the fishery make manifest the changes in the stock under the influence of various presuppositions; but there are many constants known only approximately or else quite unknown.

Another way to arrive at a result is to consider the changes in the stock under various fishery conditions. This gives a direct answer to the question: how the fishery acts upon the stock; and how changes in the stock act upon the fishery.

The stock of plaice in the North Sea has for a long time been the object of an intensive fishery, which has decimated the stock on the nursery grounds.

As appears from Heincke's General Report 1913 [1]), for instance, a considerable amount of undersized plaice was destroyed every year on the nursery grounds. As also appears from Heincke's Report, the yield per fishing-unit of the plaice fishery in the North Sea decreased. As the total yield of the plaice fishery in the North Sea in the years from 1903 to 1913 remained practically unaltered it is evident that the intensity of the fishery during these years has been increasing.

The changes the stock suffered previous to the war on account of the existing intensity of fishing can only be followed indirectly, sufficiently comprehensive investigations into the stock at various times of this period not being available. In a report now in the press I have been able to show that the recruits of the Danish plaice fishery, in the years prior to the war, grew perceptibly younger. The fluctuations from year to year are chiefly determined by the amount of the recruits, as shown by Dr. E. S. Russell. The average age of the plaice determining these annual fluctuations has, by the investigation referred to, proved to have been about 5 years in 1892 and about 3½ years in 1904—06. These last data agree with the results of the investigations of the stock in these years. In the years directly before the war the age was somewhat less, probably about 3 years.

The intensity of the fishery increased steadily, but for all that the total yearly yield of the plaice fishery in the North Sea remained practically unchanged, about 50 Mill. kgs. The profit per fishing unit decreased and this brought about a steadily decreasing remuneration for the fishery which, however, still paid, as is shown by its increasing intensity.

Within the limits between which the fishery-intensity varied during these years the fishery evidently did not destroy the stock of plaice in the North Sea. The view has been put forward by several authors, that it would seem as if the increasing trawl-fishery, which destroyed a considerable part of the young plaice on the nursery grounds, did not actually harm the stock of plaice. The productivity of the North Sea in respect to the plaice (the total yield) remained practically unaltered. The total yield of the plaice fishery in the North Sea averaged as follows (from Bulletin Statistique):-

1903—05:	59.9	Mill. kgs
1906—08:	48.2	„ „
1909—11:	49.6	„ „
1912—13:	51.1	„ „
Mean:	52.3	Mill. kgs

However, it may be asked if a protection of the undersized plaice would not mean an addition to the value of the stock. We have seen that the thinning of the stock on the nursery grounds, shown by the fact that the recruits were getting younger, has no favourable effect on the fishery. The productivity of the North Sea remained unchanged.

That a thinning of the stock on the nursery grounds was unable to raise the profits, moreover, is shown by a comparison between the growth rate and the profit of the fishery. The growth rate has varied from year to year, undoubtedly chiefly on account of variations in the size of the stock. It would almost appear as if a greater growth — and consequently a smaller stock — gave a somewhat increased profit the one year and a somewhat lower profit the next [1]).

The answer to the question whether a protection of the undersized plaice would mean an addition in the value of the stock, has been given by the changes in the fishing methods of later years. As Dr. Kyle and Professor Ehrenbaum have called attention to, the fishing on the nursery grounds changed about 1925.

[1]) Rapp. et Proc.-Verb., Vol. XVI.

[1]) Aage J. C. Jensen: Investigations of the Plaice Stock in the the Southern Horns Reef Area in the years 1928—30. — Medd. f. Komm. Ser. Fiskeri. Bd. IX, Nr. 2. 1931 p. 21.

A résumé of the development of the fishery on the nursery grounds in the eastern North Sea during recent years can be stated as follows:- (1) During the war an intensive fishery was carried on on the nursery grounds, while the stock in the open North Sea was protected against fishery. (2) During the first years after the war the fishery was carried on especially in the open North Sea. (3) The trawl-fishery on the nursery grounds was highly developed in 1922 and culminated in 1923—24. (4) The trawl-fishery on the nursery grounds, which destroyed the young fish, has been greatly restricted since 1925, and — on important parts of the nursery grounds — has been replaced by a Danish cutter fishery with the Danish seine which is a highly *protective* fishery.

The fishing methods have altered to a very high degree, partly owing to the said change, partly by trawlers leaving the North Sea fishery for more distant grounds, and partly by changing from the common otter trawl to other types of trawl, and therefore we cannot say whether the total fishery intensity for plaice in the North Sea has increased or decreased during these years: so far as this is concerned, however, it is a matter of no consequence.

The yearly total profits of the plaice fishery in the North Sea averaged as follows:-

1919—21:	49.8	Mill. kgs
1922—24:	44.6	„ „
1925—27:	55.8	„ „
1928—30:	63.8	„ „

In the first years after the war the accumulated stock of plaice in the open North Sea was a very fine object for fishing. For this reason the nursery grounds were not very much sought by trawlers in these years. The growth rate on the nursery grounds was very small during this same period, chiefly on account of the dense stock of accumulated plaice of the open North Sea, which resulted in a comparatively large amount of old and large plaice being also found on the nursery grounds, where they augmented the competition for food.

On account of this small growth on the nursery grounds the recruitment of the commercial plaice was comparatively small and the total yield of the plaice fishery was not greater than the normal before the war. During the period 1922—24, when an intensive trawl-fishery was carried on on the nursery grounds, the aggregate yield of the plaice fisheries was about 10 pCt. below the normal of the years 1903—1913.

When the Danish seine was substituted for the trawl-fishery on the nursery grounds, the yield increased and was in 1928—1930 20 pCt. above the average in 1903—1913. Consequently the North Sea, under the existing circumstances, produces a far greater weight quantity of plaice than before.

This must undoubtedly be ascribed to the aforementioned change in the fishery. By this change extensive areas of the nursery grounds have virtually been protected in a manner similar to that proposed in 1921 by the *Plaice Committee* nominated by the *International Council* [1]).

On the part of Denmark the stock on the nursery grounds in the Horns Reef Area was last investigated in May of this year. The average density of plaice in the southern Horns Reef Area reckoned per areal unit, where the plaice are distributed over the same area every year, was in 1932: 1777 plaice as against 883 in 1927, and 792 in 1925. The fishery experiments in 1932 were conducted in the early part of May, whereas in 1925 and 1927 this was done about the 1st April, and the figures, therefore, cannot exactly be compared, for the plaice in early spring are lying hard to the bottom and fewer can be caught by the trawl than later in the year. The results of the fishery experiments show, however, that the stock of young fish in the southern Horns Reef Area was very large in 1932. This corresponds with the fact that the average lenghts of the age groups, as a whole, have been a little lower in 1932 than in 1925—27 as will be seen from the table below.

The average length of plaice of age groups II-V in the southern Horns Reef Area.

	1925	1927	1932
II	12.9	13.4	13.5
III	16.3	19.1	16.2
IV	21.3	22.0	18.8
V	23.5	22.9	23.5

The average length of the age groups on the nursery grounds decreased until 1922 and then increased until 1925 since when it has remained more or less constant [2]). The protection afforded to the stock of young plaice by fishing with the Danish seine does not, therefore, hinder the growth to such a degree as to threaten the recruiting of the stock.

An increase of the density of plaice on the nursery grounds on a very high scale is not to be feared under normal conditions. I should like to call attention to two facts. (1) Any intensive fishery on the nursery grounds — even highly protective — will destroy a number of undersized plaice. (2) The natural mortality in the stock of undersized plaice must not be overlooked. Thus cod over a size of about seventy cms — especially in the autumn months when they are to be found in considerable numbers on the nursery grounds —

[1]) Rapp. et Proc.-Verb., Vol. XXVII. 1921, p. 50.

[2]) Aage J. C. Jensen. Loc. cit. 1928, p. 31, and loc. cit. 1931, p. 12. It should be remembered that the growth is not indicated by the difference between the length of the age groups, but that differences from year to year in the average length of an age group may indicate differences in growth.

devour no small number of plaice of lengths from about 10 to 20 cms.

What may be learnt from the development of the fishery and of the stock of plaice in the North Sea may be summarised as follows:- An intensive fishing destroying a considerable number of undersized plaice on the nursery grounds, does not — even if carried on over a rather long series of years — destroy the productivity of the stock; but, on the other hand, it seems as if it cannot increase the productivity. *An increase of the productivity can be produced by protection of the undersized plaice on the nursery grounds.*

C. Protection afforded by the Danish Fishery to the Stock.

The protection afforded by the Danish fishery to the stock of young plaice in the North Sea is as follows:-

Since the Act of 1888, April 5th, the minimum size for plaice marketed in Denmark has been 25.7 cms total length. By the Act of 1907, May 4th, the Minister of Agriculture was vested with the right to diminish the limit for plaice landed in Esbjerg to 21 cms total length, for four months of the year. By the Act of 1917, June 2nd, this was so amended that plaice of 22.5 cms total length might be landed for export from 1st Oct. to 28th (29th) Febr. and of 24.0 cms total length for export for the rest of the year.

Moreover, plaice caught with the Danish seine are hauled in alive, so that undersized fish can, in most cases, be put out again uninjured.

D. The Effect of Fishing young Plaice for Transplantation.

Consequently, as a protection of the undersized plaice on the nursery grounds is of benefit to the fishery, increasing the productivity of the stock as it does, the question as to the damage derived by the undersized plaice when caught for the purpose of transplantation is of particular interest. From the Horns Reef Area plaice are taken for transplantation to the Belt Sea and it is proposed to take plaice from this area, for the same purpose, to the Dogger Bank.

According to German fishing experiments it is reckoned that the trawl, on an average, takes about 25 pCt. of the plaice in the area over which it passes [1]). Possibly this figure is too low and perhaps even as much as 50 pCt. would be nearer the mark. On the other hand it is possible that in the beginning of May the plaice remain a little more persistently at the bottom than in the summer, and thus the coefficient of catches is somewhat lower in May than later on in the year.

If we reckon with respectively 25 and 50 pCt. as the coefficient of catches made by the trawl we arrive at the result that in the southern Horns Reef Area beween Horns Reef and 55° N. Lat. there were, in May 1932, about 100 and 200 million plaice beyond the 10 m curve. Of these about 70 pCt. or, roughly speaking, about 100 millions were of the lengths 17 to 25 cms which are taken for transplantation. For transplantation to the Belt Sea a yearly catch of about 1.25 million plaice is made, that is to say 1 pCt., or a little more, of the plaice of these lengths.

A thinning to this extent will be practically unnoticeable in the stock in the area if the stock of young fish are of the size estimated.

The size of the stock of plaice of these lengths varies, however, from year to year and the removal of plaice for transplantation on a larger scale may be noticeable to the fishery carried on on the nursery grounds and their neighbourhood. *A more intensive fishing of plaice for transplantation should, therefore, be undertaken with due regard to the size of the stock of young fish.*

---

[1]) Heincke, loc. cit. p. 48.

V

THE EFFECT ON THE STOCK OF THE CAPTURE OF UNDERSIZED PLAICE IN DANISH WATERS INSIDE THE SKAW.

BY

H. BLEGVAD,
COPENHAGEN.

Until some time past the middle of the last century the stock of plaice in the waters inside the Skaw consisted of an overcrowded and very closely populated stock of comparatively slow growing specimens of which many were large and very old. The fishery was mainly a coastal fishery with fixed gears. When the fishery by Danish seines from bigger sea-going cutters became more general in the *Cattegat*, the density of the stock decreased; the bigger and very old specimens were first caught and made room for the younger plaice the growth of which gradually quickened and the quality of which increased.

When motors were introduced in the Danish plaice fishery, about 1900, the field of the cutters' activity was enlarged to include also the *Belt Seas*. In the course of some 10 years the same development took place here as in the Cattegat; the previous dense stock of old and slowly growing plaice was substituted by a thinned stock of young and quicker growing fish.

The *Baltic* is the water where the intensive fishery of plaice was latest introduced. It was not till after the finish of the great war that this happened and, as early as during the years 1925—27, the same effects could be traced as those above described regarding the other waters.

If one desires to investigate what effect catching of undersized fishes have had on the stock it is necessary first to define what is meant by undersized fish. If the definition be: fish below the statutory size limit then one arrives at the following conclusion:-

Since the passing of the Fishery Act in 1888 there has, in Denmark, been a statutory size limit of 25.7 cms for plaice.

Later on it was permitted to land plaice of a somewhat smaller size at certain places, but only for local use or export.

The implements mainly used by the Danish fishermen for capture of plaice: the Danish seine and otter seine, do not damage the captured plaice so that undersized fish may be liberated alive. Furthermore the chief nursery grounds for plaice are found along the Danish coasts, and in the Danish fishery act of 1907 and later acts a close time of the nursery grounds off the east coast of Jutland was introduced for a great part of the year in respect of seine fishery. A destruction of undersized plaice in the sense "under the statutory size limit" has therefore not taken place in the waters inside the Skaw to such a degree as to perceptibly affect the stock.

Various circumstances indicate, however, that the present Danish size limit is too low for the waters inside the Skaw. The yearly yield of the fishery is declining in spite of the greatly augmented growth of the plaice and the development of the effectivity of the fishery. There is therefore every reason to suppose that many of the plaice, now fished, are really "undersized", in the sense that they have not yet arrived at *the size which is most profitable for the fishery*. What this size is, can possibly only be ascertained through experiments on a large scale. There will, however, be reason to examine what effect the capture (or destruction) of plaice above 25.7 cms, but under any given size, has on the stock. If this size be, for instance, fixed at 30 cms we can examine what effect the capture (or destruction) has

(1) on the stock of plaice *below* that size which escapes capture (or destruction).

(2) on the stock of plaice *above* that size which will become available for capture.

Ad (1). As an effect of the decimation of plaice under a total length of 30 cms it may be mentioned that *the number of spawning plaice will decrease* to an essential degree. The present Danish size limit does not protect the spawning plaice, as ordinarily these are not mature at a length of 25,7 cms. While it has not earlier been possible to find a decrease in the number of young fish (the bottom stage of the O-group) on our coasts there has during the last year's investigations been ascertained such an abnormally small number of young fish that it is to be feared that the reason is a considerable decrease in the number of spawning fishes. Another effect, but in the reverse direction, is a possible *quicker* growth of the remaining stock, as ascertained by Dr. C. G. Joh. Petersen, Dr. A. C. Johansen and myself regarding the older year-classes. If the plaice of 25.7 cms to 30 cms remained in the nursery grounds where they had grown up there would be reason to suppose that a fishing of these plaice would be profitable in making room for the growing young fishes. But the fact is that plaice of sizes between 25.7 and 30 cms, which in the waters in question are in their 3rd or 4th year, show a marked tendency to leave the nursery grounds to find the deeper waters. There is

here an abundance of food, consisting especially of larger and thick-shelled forms of molluscs which can *only be utilized by these large plaice over 26 cms.*

In my paper on the food of the plaice in the Cattegat, which appeared in „Report of the Danish Biological Station XXXVI, 1930" I have — based on valuation investigations — calculated that there is food enough for the present in the Kattegat for the production of a stock of plaice at least 6 times as large as that caught now. I have further shown that the fishing of plaice of a size slightly above the size limit which takes place yearly in the Cattegat on the boundary between the nursery grounds and the deeper parts is the reason why the greater part of the food animals outside the nursery grounds are not utilized at all. But *also in the nursery grounds, taken as a whole, in the Cattegat, the Belt Sea and the Baltic, there is a surplus of food animals* in spite of the intense protection of the young plaice. There is, therefore, no reason to suppose that the fishing of plaice under 30 cms total length which takes place at present in the waters inside the Skaw has had a benificial effect; the resulting quicker growth of the remaining stock below that size has not been able to counterbalance the damage caused to the stock by the available food not being fully utilized, because the greater number of the plaice are fished before they reach the deeper waters.

Ad (2). The effect of the capture of plaice under 30 cms is benificial to the stock above 30 cms in so far as there will be more food for these large plaice. This stock of large plaice is, however, as indicated, found chiefly in deeper waters, where the surplus of plaice food is still greater than in the nursery grounds, so that the thinned stock is far from being able to utilize the quantity of food at the bottom. There is thus a large margin before a scarcity of food occurs. But it must be remembered that the recruitment of the stock of plaice above 30 cms occurs from the stock under 30 cms, so that the more the latter are fished, the less large plaice there will be in the future. There is no doubt that this detrimental effect is by far the most predominant.

Consequently, the conditions are now that, for the present, we have a much too thinned stock in the waters inside the Skaw, particularly so in deeper waters where previously a considerable fishery of large and old plaice took place; these are now so scarce that it does not pay to attempt to catch them. The major part of plaice in the waters inside the Skaw are caught at the age of 3 to 5 years; very few only succeed in reaching the richer feeding grounds on deeper water because they are caught during migration from the nursery grounds to the deep.

On few places only the brood will gather in large numbers — occasionally in such numbers that the growth decreases below that existing on places with less density of stock. Places with a dense stock are for instance Aalbæk Bay, Nissum Broad in the Limfjord and, outside the area here in question, the Horns Reef grounds. The transplantation experiments have shown that plaice moved from such places to other grounds with a thinned stock of plaice such as the Belt Sea, the inner Limfjord Broads or the Dogger Banks reach a much quicker growth. Extensive valuation investigations have shown that the conditions, as far as Nissum Broad is concerned, are such that the quantity of first class plaice food is kept down to a constant minimum in consequence of the consumption by the overcrowded stock of plaice. Although we have not at present so fully extensive investigations of the amount of food at the two other places yet there can be no doubt that the comparatively slow growth of plaice also there is due to the hard competition for food.

The question now is: will it pay to thin the stock by extensive fishery in such places expecting thereby to obtain a quicker growth and a better quality of the rest of the stock?

We have seen that what is desirable is to the largest possible extent to get the largest plaice to move from the nursery grounds to deeper water with its great surplus of plaice food, and especially from such nursery grounds where the competition for food is very strong. What is it that ordinarily causes the larger plaice to undertake such migrations? There can be no doubt that the cause must be either a need for food which especially will be felt by the older specimens, or the beginning of maturity. If artificially we thin the stock on the nursery grounds we will first of all decrease the number of plaice who have the chance to migrate to deeper waters outside the nursery grounds. But as the fishery will mainly take away the bigger and therefore older specimens we will secondly in a special degree decrease the number of just those plaice, which are nearing maturity and therefore bound for leaving the nursery grounds; the mean age of the stock as a whole will be decreased. And thirdly by thinning we will remove the incitement to migrate from the area, caused by the dense crowding of plaice and the consequent competition for food. It may be taken for granted that those three unfavourable results can not be eliminated by a quicker growth and better quality of the rest of the stock.

As conditions are in the sea, we have no possibility for altering the available amount of plaice food. Efforts must, therefore, be concentrated on a complete utilization of this quantity of food. This result can be attained partly by introducing a close time to avoid a too intensive fishery and partly by transplantations. But experience only through experiments on a large scale can decide how far we can go in those directions.

VI

DESTRUCTION OF YOUNG FISH ON THE CONTINENTAL COAST.

BY

G. GILSON, OSTENDE.

THE object of this paper is not to submit new considerations to the general discussion on the effect of thinning on the stock of fish, but simply to enphasize the necessity of obtaining abundant numerical data before we may consider ourselves in position to decide whether thinning or protection is preferable in each of the natural sections of the continental coast of the North Sea.

We want to obtain more details about the normal density and variations of each young-fish population, the local productivity of food and the amount of destruction resulting from commercial fishing and shrimping operations.

Before the war the Belgian littoral fleet was almost entirely composed of small sailing crafts — open boats and cutters. Now we have only motor-boats. They are generally larger and their fishing capacity is higher. Besides, being less dependent on weather, wind, tide and current, the number of their fishing days is also considerably higher than it used to be.

An accurate estimate of the destruction carried out along the coast was impossible during several years following the printing of my report on littoral fishing in 1928[1]), owing to the fact that the adoption of motors, and other changes in the fleet, were, at first, neither sudden nor regular but gradual and intercurrent. Presently, the evolution being complete, it may be possible to draw conclusions from the accumulation of facts collected about the mean importance of the catch, daily, monthly and throughout the year.

So far, however, our tabulations and calculations are still unfinished, for want of assistance, and I must confine this note to a preliminary attempt of comparing the figures recently obtained for plaice, dab and sole, during the month of May 1932, with the corresponding numbers for the same month in the 15 years recorded in diagrams 2, 4 and 6, in the report of 1928[2]).

The Table below gives also, separately, the mean numbers for May in the year 1926, the last recorded in my report, when fishing had nearly come back to pre-war conditions.

[1]) Gilson. La pêche littorale sur les côtes de Belgique. Conseil International pour l'Exploration de la Mer. Rapports et Procès-Verbaux, Volume LI. 1928.

[2]) Loc. cit. p. 132. 134. 135.

DESTRUCTION OF YOUNG FISH BY BOATS FISHING FROM OSTEND IN THE MONTH OF MAY.

A. Mean number of fishes in one fishing.

	1 Sailing cutter. Mean number in May calculated on 15 years	1 Sailing cutter. Mean number during May 1926	1 Motor cutter. Mean number during May 1932
Plaice	45.00	5.75	117.8
Dab	124.00	159.00	2,456.00
Sole	14.00	6.25	86.60

B. Destruction in the month of May by one cutter.

	Total number *destroyed in May* by 1 sailing cutter. Mean total number calculated on 15 years. 16 fishing days	Total number in May 1926. 16 fishing days	Total Number *destroyed in May* by 1 motor cutter. Total Number in May 1932. 27 fishing days
Plaice	45.00×16 = 720	5.75×16 = 92	117.8 ×27 = 3,181.00
Dab	124.00×16 = 1,984	159.00×16 = 2,544	2,456.00×27 = 66,312.00
Sole	14.00×16 = 224	6.25×16 = 100	86.60×27 = 2,338.20

C. Destruction in the month of May by the whole fleet of cutters.

	Total number *destroyed in May* by 117 sailing cutters. Mean calculated on 15 years	Mean of May 1926	by 105 motor cutters. Mean of May 1932
Plaice	720×117 = 84,240	92×117 = 10,764	3,181.00×105 = 334,005.00
Dab	1,984×117 = 232,128	2,544×117 = 297,748	66,312.00×105 = 6,962,760.00
Sole	224×117 = 26,208	100×117 = 11,700	2,338.20×105 = 245,511.00

The number of cutters has been decreasing slightly, from 117 to 105.

The figures for 1932 are the mean numbers based on the complete analysis of 10 out of the 27 fishings carried out by our fishermen in May, inside the 10 mile limit and parallel to the coast. Having at disposal at present only one month of tabulated data and knowing the monthly variations to be considerable in the course of the year, we cannot as yet satisfactorily compute the *yearly* destruction under the new conditions.

Let us remember also that the month of May belongs to the period of least destruction of young fish on our coasts. That makes the figures of this year still more impressive and conducive to the following remarks:-

1. The destruction of young fish resulting from littoral fishing has increased enormously since motors have been adopted by most of our fishermen.

2. Formerly, while a minimal size prohibition was in force, the whole of the waste, including young fishes, was returned to the Sea. An important part of the latter escaped destruction, and the dead part of it could still supply both other fishes and invertebrates with abundant food.

Since the removal of the prohibition, in 1928, on the contrary, the whole of the young fish and invertebrates, dead or alive, are brought ashore and bought on the quay by the agents of the fishmeal factories and thus totally destroyed. Moreover, when marketable fishes are scarce or prices low, a number of boats take to sea with the special purpose of catching young fishes and selling them to the factories.

During May and June our boats have seldom less than a basket of waste, that is 50 kg., generally however they have much more and their landing has been known to reach one ton or more.

3. The variability in the density of young fish shoals and their moving about from place to place are well known, and other causes of disturbance to fishing operations and experiments are numerous. We, therefore, require long series of continuous observations, collected during all months of the year and along the whole length of the eastcoast before we can seriously tackle the vexed question of the effect of intense destruction of young fish on the general stock of the North Sea.

When we are in possession of numerical data, superseding opinion and personal impressions, we shall very likely be able practically to apply to particular regions the conclusions of many laborious studies and particularly some very interesting formulae that have been proposed for the estimation of the effect of "thinning out"[1]).

4. Pending these complete data we may perhaps be able to investigate by specially devised methods some particular problems, as f. i. the effect of intense destruction of young fishes on certain neighbouring stocks of still small but already marketable fishes that remain for a time in depths of from 20 to 30 metres and furnish, before escaping to the high sea, an important supply to the coastal fishery from which certain fishing populations obtain a living.

Many fishermen of this class, although deriving certain profits out of the selling of waste to the factories, have expressed to me their apprehension about the destructive effect which the landing of enormous quantities of very young fish and invertebrates may have on the middlesized plaice, dabs and soles which they particularly want to catch at a short distance from the coast to take straight to Ostend, without using ice, and to sell there at higher price. I am told that similar circumstances exist in other parts of the East coast along the North Sea.

5. None of the many questions concerned with the effect of intense littoral fishing and with the possible intervention of Governments could be satisfactorily solved by the exertions of only one of the countries bordering the eastern part of the North Sea: co-operative researches carried on simultaneously by France, England, Belgium, Holland, Germany and Denmark are needed before definite measures can be devised adaptable to each particular region without involving the total annihilation of the shrimping industry.

To obtain such co-operation will be among the principal aims of the Combined North Sea and Eastern Channel Committee.

[1]) See: Russell: Scientific meeting. Cons. intern. 1932.

VII

DIE FRAGE NACH DER ZWECKMÄSSIGKEIT DES SCHUTZES UNTERMASSIGER FISCHE UND DIE VORAUSSETZUNGEN FÜR IHRE BEANTWORTUNG.

VON

ADOLF BÜCKMANN, HELGOLAND.

Die Frage, ob es zweckmässig oder gar notwendig sei, die kleinen, für den Menschen als Nahrung noch ungeeigneten Fische gegen vorzeitigen Fang durch die Fischerei zu schützen, ist oft gestellt und sehr verschieden beantwortet worden. Es ist daher wohl angebracht, einmal Rechenschaft darüber abzulegen, auf welchen Wegen wir zu einer Antwort auf diese Frage gelangen können, und welche Lücken in unserer Kenntnis noch ausgefüllt werden müssen, ehe wir eine sichere Entscheidung treffen können.

Es ist erwiesen, dass es eine allgemeine, überall gültige Antwort auf unsere Frage nicht geben kann. Sie muss ganz verschieden ausfallen je nach der Fischart und dem Bestand, den man ins Auge fasst. Auf der einen Seite können wir den grossen Umfang der Vernichtung untermassiger Schellfische im Nordseegebiet nicht ohne Bedenken sehen, und nach dem Stande unserer Kenntnis müssen wir von ihrer Beseitigung eine Besserung des Ertrages erwarten. Ähnliches gilt für den Schollenbestand der Ostsee, wo heute bereits Massnahmen zum Schutz der kleinen Fische getroffen sind. Auf der anderen Seite ist es bekannt, dass grosse Mengen von Jungheringen gefangen werden, ohne dass dadurch der Fang grosser Heringe dieser Stämme merklich beeinträchtigt würde. Auch haben wir in dem Schollenbestande des südlichen Kattegatts und der Beltsee ein Beispiel dafür, dass selbst die vollständige Schonung untermassiger Fische bei starker Fischerei einen katastrophalen Rückgang des Ertrages nicht zu verhindern vermag.

Schon diese wenigen Beispiele zeigen, dass elementare Überlegungen zur Beantwortung unserer Frage nicht ausreichen. Jeder geschonte untermassige Fisch *kann* zwar heranwachsen und, als vollwertige Ware gefangen, den Ertrag der Fischerei steigern helfen. Es ist aber nicht sicher, dass dies wirklich *eintritt*. Zwei Faktoren können es verhindern: 1) Die Vernichtung von Fischen durch natürliche Ursachen, nämlich tierische Feinde, Krankheiten, Alter, auch Nahrungsmangel, ungünstige Bedingungen der unbelebten Umwelt, und 2) die Herabsetzung der Wachstumsgeschwindigkeit, die unter gewissen Umständen in dem geschonten und daher dichteren Bestande eintreten kann.

1) Über die Rolle der Sterblichkeit durch natürliche Ursachen (= die natürliche Zehrung) wird man sich am besten an Hand eines Beispiels klar. Bei Verwendung eines engmaschigen Netzes erbeutet man in einer gewissen Fangzeit 1000 Schellfische des zweiten Lebensjahres, von denen 500 brauchbar sind. Diese 500 wiegen im Durchschnitt 150 g, zusammen also 75 kg. Verwendet man nun ein weitmaschigeres Netz bei der Fischerei, so gehen die Fische im zweiten Lebensjahre durch die Maschen und werden erst im dritten Lebensjahr gefangen. Sie sind nun alle marktfähig und wiegen im Durchschnitt 250 g[1]). Wären noch alle 1000 am Leben, so würde man ein Fanggewicht von 250 kg erzielen. Aber die natürliche Zehrung hat ihre Zahl vermindert. Ist nur die Hälfte am Leben geblieben (beträgt also die natürliche Zehrung des 2. Lebensjahres 50 %), so verbessert sich der Fangertrag durch die Schonung der kleinen Fische immer noch, denn 500 Stück wiegen jetzt 125 kg. Überlebt aber nur ein Fünftel das Jahr (natürliche Zehrung = 80 %), so fällt der Fangertrag auf 50 kg, (200 Stück), und in diesem Falle würde es zweckmässiger sein, die Schellfische so früh wie möglich zu fangen, ungeachtet der damit verbundenen Vernichtung von 500 untermassigen. Die Grösse der natürlichen Zehrung entscheidet also z. T. mit darüber, ob die Schonung zweckmässig ist oder nicht. Nebenbei sei erwähnt, dass ein Betrag der natürlichen Zehrung von 80 % beim Schellfisch in hohem Masse unwahrscheinlich ist. Wir wissen, dass dieser Betrag bei der Scholle der Nordsee, soweit die Tiere marktfähige Grösse erreicht haben, sehr viel geringer sein muss.

Wir müssen ferner in Betracht ziehen das Verhältnis der natürlichen Zehrung zu dem Betrag der Zehrung durch die Fischerei. Beim Hering z. B. können wir uns denken, dass der Fang selbst grosser Gewichtsmengen von Jungheringen keine ausschlaggebende Verminderung des Bestandes bedeutet im Vergleich zu der, die etwa durch tierische Feinde erfolgt. In gleicher Weise ist es denkbar, dass die Fischerei auf grosse Heringe nur einen kleinen Teil der Gesamtzehrung auf diese Stadien ausmacht.

---

[1]) Die Schottischen Untersuchungen beweisen, dass für den Schellfisch keine Abhängigkeit der Wachstumsgeschwindigkeit von der Bestandsdichte besteht.

Dann ist es verständlich, dass die Vernichtung von Jungfischen den Ertrag der Fischerei auf grosse Heringe nicht wesentlich beeinflussen kann.

2) Bei einigen Nutzfischbeständen, so z. B. bei dem der Scholle in der südlichen Nordsee, ist nachgewiesen worden, dass die Wachstumsgeschwindigkeit abhängig von der Bestandsdichte ist. Je dichter der Bestand, desto weniger Nahrung ist für die einzelne Scholle verfügbar. Da nun durch Vernichtung der untermassigen Fische die Dichte des Bestandes abnimmt, so würde gleichzeitig eine Steigerung der Wachtumsgeschwindigkeit erfolgen. Die Schonung würde die umgekehrte Wirkung haben. Es ist denkbar, dass die Steigerung der Wachstumsgeschwindigkeit den Nachteil der verminderten Zahl ausgleicht. Das würde der Fall sein, wenn die geringere Zahl von Schollen infolge des schnelleren Wachstums dieselbe Menge von Schollenfleisch produzierte wie die grössere Zahl bei langsamem Wachstum. Ferner aber werden die Schollen bei schnellerem Wachstum auch eher marktfähig. Die natürliche Zehrung wird also vor diesem Zeitpunkt nicht soviel Schollen vernichten wie bei einem geschonten, dichten, langsamwüchsigen Bestande. Ob aber auf diese Weise der Nachteil der verminderten Zahl wirklich ausgeglichen wird, das ist eine noch offene Frage. — Es ist auch die Ansicht ausgesprochen, dass bei starker Übervölkerung ein Teil der Jungfische verhungere. Die Beweise für diese Ansicht scheinen nicht ganz ausreichend, denn ein Bestand, der so dicht ist, dass selbst Jungfische garnicht mehr wachsen (ein Stadium, das doch vor dem Verhungern kommt), ist bisher noch nirgends beobachtet worden. Nun hat allerdings neuerdings Ben Dawes bei seinen Fütterungsversuchen festgestellt, dass von einer Anzahl sehr spärlich genährter Fische einige den Konkurrenten alles überliessen und garnicht mehr frassen. Sie verloren an Gewicht und gingen ein. Es kann fraglich erscheinen, ob in der freien Natur ähnliche Verhältnisse bestehen können, wie bei diesen Experimenten in Tanks. Wenn dies aber der Fall ist, so würde diese Steigerung der natürlichen Sterblichkeit die Bevölkerungsdichte gewissermassen automatisch regulieren und wieder eine Besserung der Wachstumsverhältnisse im Gefolge haben. Es ist daher unter keinen Umständen anzunehmen, dass auf diese Weise eine Abnahme der Erträge, die der Bestand liefert, zustande kommen kann.

I. Empirische Methoden zur Entscheidung der Frage.

Man kann nicht ohne Weiteres wissen, wie die genannten Faktoren zusammen auf den Ertrag der Fischerei einwirken. Welche Wege können beschritten werden, um im Einzelfalle zu entscheiden, ob die Schonung untermassiger Fische den Ertrag steigert oder nicht?

Die grösste Beweiskraft, die klarsten Ergebnisse würde ein Experiment haben. Das ist der Weg, der bei der Fischzucht in Süsswasserteichen mit grösstem Erfolg benutzt worden ist. Leider ist er in der Fischereibiologie des Meeres nicht gangbar. Die Lebensbedingungen eines Seefischbestandes können nicht im Kleinen nachgeahmt werden. Es ist auch nicht zu erreichen, dass die Praxis im Grossen ein solches Experiment vornimmt. Tritt man mit dem Ansinnen an die Fischerei heran, ihren Fangbetrieb auf die Schonung untermassiger Fische umzustellen, so hat man nur dann Aussicht auf Erfolg, wenn ein günstiges Ergebnis des Versuchs sogut wie sicher ist.

Es ist ferner der Versuch gemacht worden, den Vergleich des Ertrages der Bestände verschiedener Meeresteile, in denen die Fischerei verschieden ausgeübt wird, zur Beantwortung unserer Frage heranzuziehen. Hierbei ist jedoch die Gefahr gross, zu falschen Schlüssen zu kommen. Zwei Meeresteile, selbst nahe benachbarte und in vieler Beziehung ähnliche, unterscheiden sich niemals ausschliesslich durch die Art der Fischerei, sondern stets auch durch eine grosse Anzahl anderer Faktoren, die das Leben und die Ertragsfähigkeit des Bestandes beeinflussen können, wie z. B. Bodenart und -Gestalt, hydrographische und biologische Faktoren (Menge und Art der Nährtiere, Nahrungskonkurrenten, tierischen Feinde etc.) . In einigen Fällen wissen wir, dass die Bestände verschiedener Meeresteile auch vor Beginn der Hochseefischerei verschieden waren: In der Ostsee gab es, ehe die starke Fischerei einsetzte, einen dichten Bestand verhältnismässig alter, sehr langsamwüchsiger Schollen. Dasselbe war vor 50 Jahren in der Nordsee der Fall. Aber in der Ostsee blieben sie klein, ehe der Bestand gelichtet wurde, während sie in der Nordsee sehr gross wurden. — Wenn man also, beispielshalber, im Kattegatt einen dünnen, schnellwüchsigen Schollenbestand feststellt, der einen höheren Ertrag je Flächeneinheit abwirft als der dichtere, langsamwüchsige Nordseebestand, so darf man keineswegs sicher sein, in der Nordsee durch Dezimierung des Bestandes nun gleichfalls einen höheren Fangertrag zu erzielen.

Sicherer ist es daher, die Vergleiche zwischen den Beständen verschiedener Meeresteile für die Beantwortung unserer Frage zunächst einmal beiseite zu lassen und jeweils nur einen einzelnen Bestand ins Auge zu fassen. Es besteht dann die Möglichkeit, unfreiwillige Experimente, die die Fischerei durch Veränderung des Fangbetriebes macht, auf ihr Ergebnis hin zu prüfen. Für solche Untersuchungen ist der Schollenbestand der südlichen Nordsee recht geeignet. Die eingehenden bestandskundlichen Untersuchungen, die seit einer Reihe von Jahren fortlaufend vorgenommen werden, liefern dafür eine geeignete Grundlage, oder werden sie doch mit der Zeit liefern. Alljährlich wird durch verschiedene Länder der Bestand auf Dichte, Alterszusammensetzung, Wachstumsgeschwindigkeit kontrolliert. Die neuen englischen Markierungsexperimente werden einen Anhalt über

die Abwanderung aus dem Jungfischbestand und die Befischungsintensität sowie weitere Daten über die Wachstumsgeschwindigkeit liefern. Gleichzeitig wird die Grösse und Zusammensetzung der Anlandungen kontrolliert, und die Veränderungen, die im Betriebe der Fischerei vor sich gehen, werden verfolgt.

Solche Wandlungen im Betriebe der Fischerei treten von Zeit zu Zeit unter dem Druck wirtschaftlicher Notwendigkeiten ein. Manche haben eine Veränderung des Masses der Vernichtung untermassiger Fische zur Folge gehabt: Diese wurde gesteigert durch den Übergang der Dampferfischerei zum V.D.-Trawl, besonders für den Schellfisch. Für die Scholle der südlichen Nordsee brachte der Rückgang der Dampferfischerei, der früher viele kleine Schollen zum Opfer fielen, und die Ausdehnung der Kutterfischerei besonders mit der Snurrewade, die wenig kleine Schollen mitfängt, eine Verminderung der Jungfischvernichtung. Aus der Wirkung solcher Veränderungen auf den Fangertrag gilt es zu lernen.

Leider sind die auf S. 3—4 geschilderten Untersuchungen über die Nordseescholle in diesem Umfange und dieser Harmonie noch nicht lange durchgeführt worden. Daher kommt es, dass wir weder den vornehmlich mit Dampfertrawl befischten Schollenbestand der Vorkriegsjahre noch die Anlandungen jener Zeit so genau kennen wie die heutigen. Auch die Kriegsschonzeit mit ihren Wirkungen auf den Bestand schiebt sich zwischen beide Perioden ein und erschwert den Vergleich. Trotzdem konnten wertvolle Erfahrungen gesammelt werden. Die Lehren, die die Wandlung in der Schollenfischerei uns geben kann, sind in diesem Bande von Aage J. C. Jensen dargestellt, dessen Auffassung ich vollkommen beitrete.

II. Eine theoretische Methode der Berechnung.

Obwohl die Ergebnisse der empirischen Untersuchungen Jensens sehr überzeugend sind, ist es doch von einigem Wert, ihnen eine theoretische Berechnung über die Wirkung von Schonung und Vernichtung untermassiger Schollen an die Seite zu stellen. Diese Berechnung ist nicht allein geeignet, die empirischen Befunde zu bestätigen und zu stützen, sondern sie gibt uns auch ein klares Bild von den Veränderungen, die Schonung und Vernichtung untermassiger Schollen im Bestande hervorrufen und von den Rückwirkungen, die diese auf die Fischerei haben. Wir lernen gewissermassen den Mechanismus kennen, der zu dem empirisch festgestellten Ergebnis führt.

Eine solche Berechnung liegt nicht ausserhalb des Bereichs des Möglichen. Wir benötigen dafür nur die Kenntnis einer begrenzten Zahl von Faktoren, die eingesetzt werden müssen, nämlich:

1) Das Mass der fischereilichen Zehrung, d. h. den Prozentsatz der Schollen jeden Alters, der im Laufe eines Jahres von der Fischerei weggefangen wird.

2) Das Mass der natürlichen Zehrung (in entsprechender Weise definiert).

3) Das Mass der Veränderung der Wachstumsgeschwindigkeit bei einer gegebenen Veränderung der Bestandsdichte.

Diese Faktoren sind nun allerdings gegenwärtig noch nicht mit genügender Genauigkeit bekannt. Wir haben jedoch bereits Anhaltspunkte aus den bisherigen Untersuchungen, und unsere Kenntnis kann und wird durch die Fortsetzung derselben immer mehr verbessert werden.

Sind aber die genannten Faktoren einmal hinlänglich bestimmt, so kann die Wirkung der Schonung und der Vernichtung untermassiger Schollen durch eine einfache Rechnung festgestellt werden.

Gehen wir aus von einer bestimmten, gleichbleibenden Nachwuchsmenge, die in jedem Jahre dem Bestand zugeführt wird, so können wir mithilfe der bekannten Grösse der fischereilichen und der natürlichen Zehrung ausrechnen, wieviele davon der natürlichen Sterblichkeit zum Opfer fallen, wieviele von der Fischerei weggefangen werden, wieviele überleben und in die jeweils nächsthöhere Altersklasse einrücken. So bestimmen wir zunächst, wieviel Schollen bei gegebener konstanter Nachwuchsmenge und gegebener Befischungsart in jeder Altersgruppe lebend vorhanden sind, und wie gross die Gesamtzahl dieser lebenden Schollen ist, d. h. wir kennen Alterszusammensetzung und Grösse des Bestandes. Ferner kennen wir aber auch Alterszusammensetzung und Menge der Schollen, die im Laufe eines Jahres von der Fischerei gefangen werden. Zum dritten sind uns die Wachstumsverhältnisse des Bestandes bekannt, und wir wissen daher auch, wie gross die gefangenen Schollen jeden Alters sind. Daher können wir auch berechnen, wieviele der gefangenen Schollen untermassig, wieviele marktfähig sind. Und schliesslich können wir berechnen, wieviel die marktfähig gefangenen Schollen wiegen. So bestimmen wir das Gewicht des Jahresfanges an marktfähigen Schollen, der bei bestimmter Nachwuchsmenge und bestimmten Fischereiverhältnissen erzielt wird.

Wir führen dann eine zweite Berechnung aus, wobei wir annehmen, dass die jährliche Nachwuchsmenge die gleiche ist, dass aber die Fischerei anders ist: Bei im übrigen gleicher Befischungsintensität sollen — infolge der Verwendung eines engmaschigeren Netzes — mehr kleine untermassige Schollen mitgefangen werden. Dabei ändert sich natürlich die Bestandsdichte und — in berechenbarer Weise — die Wachstumsgeschwindigkeit. Wieder können wir das Gewicht des Jahresfanges marktfähiger Schollen berechnen und mit dem Resultat unserer ersten Berechnung vergleichen. Dann können wir ohne weiteres sehen, ob das Fanggewicht bei stärkerer Vernichtung untermassiger

Fische kleiner, grösser oder ebensogross ist wie bei der Schonung derselben.

Die Art der Berechnung werden wir weiter unten an einem durchgeführten Beispiel genauer kennen lernen. Zunächst aber müssen wir erörtern, wieviel wir über die oben aufgeführten drei Faktoren wissen.

III. Die Voraussetzungen der Berechnung.

1) Die Zehrung durch die Fischerei.

Die Zehrung durch die Fischerei ist bei Schollen marktfähiger Grösse — die untere Grenze der Marktfähigkeit wollen wir auf die Länge von 25 cm ansetzen — abhängig von der Intensität der Fischerei. Das Mass dieser Zehrung können wir aus dem Prozentsatz der markierten Schollen dieser Grösse erkennen, die im Laufe eines Jahres wiedergefangen werden. Die neuesten englischen Markierungsexperimente sind zwar noch nicht in dieser Hinsicht ausgewertet worden. Wir dürfen aber doch wohl annehmen, dass in der Nordsee alljährlich etwa 50 pCt. der Schollen über 25 cm weggefangen werden.

Die Fischerei wird im ganzen Verbreitungsgebiet der Scholle, auf den Jungfischgründen an der Küste wie auf den zentralen Gründen, mit ungefähr gleicher Intensität ausgeübt. Eine untermassige Scholle wird daher ungefähr ebensoviel Chancen haben, in das Netz zu geraten, wie eine marktfähige; d. h. im Laufe eines Jahres werden 50 pCt. *aller* Schollen, der marktfähigen wie der untermassigen, ins Netz geraten. Wir wollen daher dies Mass der Befischungsintensität den *„Befischungsstandard"* nennen. Während aber die in der praktischen Fischerei benutzten Netze so eingestellt sind, dass sie alle marktfähigen Schollen, die hineingeraten, auch zurückhalten, entkommt von den Untermassigen ein mehr oder weniger grosser Teil durch die Maschen. Wie gross dieser Anteil ist, das hängt von der Maschenweite der benutzten Geräte ab. *Die fischereiliche Zehrung bei den untermassigen Fischen ist also einmal abhängig vom Befischungsstandard und zweitens von der Maschenweite der benutzten Geräte.*

In der Praxis wird die Schonung untermassiger Fische in vielen Fällen nur durch die Verwendung weitmaschigerer Netze herbeigeführt werden können. Bei unserer Berechnung können wir gleichfalls das Mass der fischereilichen Zehrung bei untermassigen Fischen dadurch variieren, dass wir annehmen, die Fischerei werde das eine Mal mit einem weitmaschigen, das andere Mal mit einem engmaschigen Netz ausgeübt. Kennen wir die selektive Fangwirkung verschiedener Schleppnetztypen, so können wir die fischereiliche Zehrung bei den Untermassigen ohne alle Willkür bestimmen.

Für die Berechnung wollen wir also die selektive Fangwirkung verschiedener Geräte zur Bestimmung der fischereilichen Zehrung bei den jüngeren Altersgruppen, deren Angehörige z. T. noch untermassig sind, heranziehen. Dazu können die in letzter Zeit von der Biologischen Anstalt angestellten Vergleichsfänge dienen. Diese wurden mit verschiedenen Netztypen ausgeführt: Mit dem Dampfertrawl mit Nordseesteert (20 Knoten je m, doppelte Maschen aus Manilagarn 2½ mm)[1]), mit dem Kuttertrawl mit Zungensteert (24 Knoten je m, einfache Maschen aus Manila 2½ mm) und mit dem Kuttertrawl mit Schollensteert (21 Knoten je m, einfache Maschen aus Manila 1¾ mm). Die Fänge dieser Netze wurden mit denen verglichen, die mit jeweils dem gleichen Gerät (Dampfertrawl bezw. Kuttertrawl) gemacht werden, wenn man über den Steert ein engmaschiges Decknetz spannt und den Fang im Decknetz mit berücksichtigt.

Hilfstabelle 1.

Selektive Fangwirkung verschiedener Geräte, verglichen mit dem Fang desselben Netzes mit Decknetzen über dem Steert.

Es wurden gefangen auf 1000 Schollen, die in jeweils dem gleichen Gerät mit Decksteert erbeutet sind:

bei einer Länge von cm	im Dampfertrawl mit Nordseesteert	im Kuttertrawl mit Zungensteert	im Kuttertrawl mit Schollensteert
10.....	278	6	0
11.....	387	9	0
12.....	513	23	2
13.....	671	65	4
14.....	825	154	10
15.....	921	296	20
16.....	984	530	40
17.....	1000	759	80
18.....	...	889	130
19.....	...	961	180
20.....	...	1000	270
21.....	...	...	360
22.....	...	...	470
23.....	...	...	600
24.....	...	...	740
25.....	...	...	830
26.....	...	...	910
27.....	...	...	960
28.....	...	...	980
29.....	...	...	1000

Die Ergebnisse der Versuche sind in unserer Hilfstabelle 1 in der Weise zusammengestellt, dass für jede cm Länge angeben ist, wieviel $^0/_{00}$ des Fanges mit Decksteertnetz mit den verschiedenen Geräten ohne Decksteert gefangen ist[2]).

[1]) Da die Maschen mit doppeltem Garn gestrickt sind, ist die lichte Öffnung derselben kleiner als die des Kuttertrawls mit Zungensteert.

[2]) Die Unregelmässigkeiten in der Hilfstabelle I beweisen, dass das Material durch weitere Vergleichsfänge noch verbessert werden kann. Für unsere Zwecke genügt es hier.

Wir kennen nun durch unsere Bestandskontrolle die Längenvariation und das Längenmittel jeder Altersgruppe in den Fängen des Decksteertnetzes, und wir dürfen annehmen, dass sie sich nicht wesentlich von Variation und Mittelwert der Schollen im Bestande unterscheiden. Mit Hilfe unserer Hilfstabelle 1 können wir berechnen, wie die Längenvariation aussehen würde, wenn wir die Fänge mit einem der drei in der Praxis üblichen Geräte machen würden. Unsere Zahlenreihen werden sich in zweierlei Hinsicht von den Decksteertnetzfängen unterscheiden: Zunächst in Bezug auf die Gesamtzahl. Da jedes der 3 Geräte von den kleinsten Schollen weniger fängt als das Decksteertnetz, wird die Zahl überall geringer sein, am höchsten noch beim Fischdampfertrawl, das die meisten kleinen Schollen mitfängt, am geringsten beim Kuttertrawl mit Schollensteert, das die meisten kleinen Schollen entkommen lässt.

So fängt z. B. das Fischdampfertrawl mit Nordseesteert von einer Altersgruppe, deren mittlere Länge im Fang des Decksteertnetzes 18.0 cm beträgt, 95 pCt., das Kuttertrawl mit Zungensteert 68 pCt., das Kuttertrawl mit Schollensteert 14 pCt. der im Decksteertnetz gefangenen Stückzahl. Wir wollen nun annehmen, dass das Decksteertnetz alle Schollen, die ins Netz geraten, zurückhält. In Wirklichkeit trifft das zwar nicht ganz zu, aber näherungsweise ist diese Annahme doch berechtigt. Unter dieser Voraussetzung können wir sagen: Wenn eine Altergruppe im Bestande die mittlere Länge von 18 cm hat, so hält das Dampfertrawl 95 pCt., das Zungentrawl der Kutter 68 pCt., das Schollentrawl 14 pCt. der Schollen dieser Gruppe, die ins Netz geraten, zurück. Da nun im Laufe eines Jahres 50 pCt. aller Schollen ins Netz geraten, so werden von einer Altersgruppe dieser mittleren Länge bei einer Dampftrawlfischerei 50 pCt. von 95 pCt. = 47.5 pCt. in einem Jahre weggefangen. Mit anderen Worten: unter diesen Bedingungen wird die fischereiliche Zehrung bei dieser Gruppe 47.5 pCt. betragen. — Wird dagegen die Fischerei von Kuttern mit Zungentrawls in gleicher Stärke (Befischungsstandard = 50 pCt.) ausgeübt, so beträgt die Zehrung 50 pCt. von 68 pCt. = 34 pCt. Verwenden die Kutter das Schollentrawl, so beträgt die fischereiliche Zehrung bei dieser Altersgruppe nur 50 pCt. von 14 pCt. = 7 pCt. Bestimme ich also den Prozentsatz, der von einer Altersgruppe einer gewissen mittleren Länge mit den einzelnen Geräten im Vergleich zum Fange des Decksteertnetzes zurückgehalten wird, so ist dieser Prozentsatz gleich der fischereilichen Zehrung unter Verwendung des betr. Geräts für den Befischungsstandard 100 pCt. Durch Umrechnung auf den gültigen Befischungsstandard erhalten wir die richtigen Prozentsätze der fischereilichen Zehrung.

Die Prozentsätze für den Befischungsstandard 100 pCt. habe ich nun für eine Reihe von Altersgruppen mit verschiedener mittlerer Länge ausgerechnet. Für die dazwischenliegenden mittleren Längen von ½ zu ½ cm habe ich sie durch graphische Interpolation bestimmt. Das Ergebnis für jedes der 3 Geräte findet sich in Hilfstabelle 2, jeweils in Spalte A. Wir sehen da, dass das Dampfertrawl alle Schollen einer Altersgruppe zurückhält, wenn ihre mittlere Länge im Bestande 21.0 cm beträgt. Das Zungentrawl der Kutter fängt 100 pCt. bei einer mittleren Länge der Gruppe von 25 cm, das Schollentrawl erst bei 34.5 cm. Die fischereiliche Zehrung aber beträgt bei dem Befischungsstandard von 50 pCt. für die Altersgruppen der genannten und höherer mittlerer Längen 50 pCt.

Der zweite Unterschied zwischen dem Fange des Doppelsteerts und dem des Einfachsteerts unserer 3 Netztypen betrifft die Länge der gefangenen Schollen. Da von den kleinsten Schollen jeweils die meisten durch die Maschen entkommen, sind die gefangenen Schollen im Einfachsteert im Durchschnitt grösser als im Netz mit Decksteert. Setzen wir statt des Decksteertnetzfanges wieder den Bestand, so haben wir zu unterscheiden zwischen der mittleren Länge einer Altersgruppe „im Bestand" und „im Fang". Die letzte ist höher. Der Unterschied zwischen beiden ist am kleinsten beim Dampfertrawl, am grössten bei dem Kuttertrawl mit Schollensteert. Er ist von Bedeutung für die Berechnung des Gewichts der gefangenen Schollen, dem natürlich die mittleren Gewichte zugrunde gelegt werden müssen, die der „mittleren Länge im Fang" entsprechen. In Tabelle 2 sind daher in Spalte B für jedes Gerät auch diese Längenmittel aufgenommen worden. Für die mittlere Länge von 13 cm im Bestand erhalten wir z. B. beim Fischdampfertrawl eine mittlere Länge im Fang von 14 cm, im Zungentrawl der Kutter eine solche von 16,5 cm, im Schollentrawl von 18,5 cm.

In der oben geschilderten Weise können wir für unsere Berechnung bestimmen, wieviel pCt. der Schollen jeder Altersgruppe pro Jahr gefangen werden, und auch, wie gross die gefangenen Schollen sind. Weiter müssen wir noch wissen, wieviel pCt. der Zahl von Altergruppen von bekannter mittlerer Länge untermassig sind, um die Zahl der mit jedem Gerät vernichteten Untermassigen bestimmen zu können. Auch muss ja das Gewicht dieser Untermassigen von dem Gewicht der gefangenen Schollen abgezogen werden, wenn wir die Marktfänge bei der Befischung mit verschiedenen Geräten vergleichen wollen. (Vergl. die kurze Darstellung der Berechnungsweise auf pag. 4). Zu diesem Zwecke wurde die Hilfstabelle 3 aufgestellt, die für die Altersgruppen jeder mittleren Länge angibt, wie gross der Gewichtsanteil der marktfähigen Schollen von mehr als 25.0 cm am Gesamtgewicht der Gruppe ist, und wie gross der Anteil der Untermassigen unter 25 cm der Zahl nach ist [1]).

[1]) Hierbei wurde — vermutlich ohne jeden wesentlichen Fehler — angenommen, dass die Kurr*form* der Längenvariation der gefangenen Schollen in den verglichenen Geräten einander ähnlich ist.

Hilfstabelle 2.

Anteil, der von Altersgruppen verschiedener mittlerer Länge (im Bestande) mit Netzen verschiedener Maschenweite gefangen werden kann, in %, für den Befischungsstandard 100 % (S. Text), und mittlere Länge der gefangenen Schollen.

Mittlere Länge der Altersgruppen im Bestande	Fischdampfer-trawl mit Nordseesteert		Kuttertrawl mit Zungensteert		Kuttertrawl mit Schollensteert	
	A gefangen	*B* mittl. Länge d. gefangenen	*A* gefangen	*B* mittl. Länge d. gefangenen	*A* gefangen	*B* mittl. Länge d. gefangenen
cm	%	cm	%	cm	%	cm
13,0.....	57	14,0	13	16,5	1	18,5
5.....	63	14,5	14	16,5	2	19,0
14,0.....	69	14,5	21	17,0	2	19,0
5.....	74	15,0	25	17,0	3	19,0
15,0.....	78	15,5	30	17,5	4	19,5
5.....	82	16,0	36	17,5	5	19,5
16,0.....	86	16,5	43	18,0	7	20,0
5.....	89	17,0	50	18,5	8	20,5
17,0.....	91	17,0	56	18,5	10	20,5
5.....	93	17,5	62	19,0	12	21,0
18,0.....	95	18,0	68	19.5	14	21,0
5.....	96	18,5	74	19,5	17	21,5
19,0.....	97	19,0	79	20,0	20	21,5
5.....	98	19,5	83	20,5	23	22,0
20,0.....	99	20,0	87	20,5	26	22,0
5.....	99	20,5	90	21,0	30	22,5
21.0.....	100	21,0	92	21,5	35	23,0
5.....	...	...	94	22,0	40	23,0
22,0.....	...	...	96	22,0	45	23,5
5.....	...	...	97	22,5	50	24,0
23,0.....	...	...	98	23,0	55	24,0
5.....	...	...	99	23,5	60	24,5
24,0.....	...	...	99	24,0	64	25,0
5.....	...	...	99	24,5	68	25.5
25.0.....	...	...	100	25.0	72	26,0
5.....	...	...	...	...	75	26,0
26,0.....	...	...	...	...	78	26,5
5.....	...	...	...	...	81	27,0
27,0.....	...	...	...	...	84	27,5
5.....	...	...	...	...	86	28,0
28,0.....	...	...	...	...	88	28,5
5.....	...	...	...	...	90	29,0
29,0.....	...	...	...	...	92	29,5
5.....	...	...	...	...	93	29,5
30,0.....	...	...	...	...	94	30,0
5.....	...	...	...	...	95	30,5
31,0.....	...	...	...	...	96	31,0
5.....	...	...	...	...	97	31,5
32,0.....	...	...	...	...	97	32,0
5.....	...	...	...	...	98	32,5
33,0.....	...	...	...	...	98	33,0
5.....	...	...	...	...	99	33,5
34,0.....	...	...	...	...	99	34,0
5.....	...	...	...	...	100	34,5

Hilfstabelle 3.

Prozentualer Anteil der *untermassigen* Schollen unter 25 cm an der *Zahl* bei Altersgruppen verschiedener mittlerer Länge, *A*, und prozentualer Anteil der *marktfähigen* Schollen über 25 cm am *Gewicht* bei diesen Altersgruppen, *B*.

Mittlere Länge der Altersgruppe im Fang	*A* Zahlenanteil der Untermassigen	*B* Gewichtsanteil der Marktfähigen
cm	%	
16,0.....	100	0
5.....	99,6	1
17,0.....	99,4	2
5.....	99,2	3
18,0.....	99	5
5.....	98	6
19,0.....	97	8
5.....	96	10
20,0.....	95	12
5.....	93	14
21,0.....	91	17
5.....	88	20
22,0.....	85	24
5.....	81	28
23,0.....	76	34
5.....	70	41
24,0.....	64	48
5.....	58	55
25,0.....	51	62
5.....	44	68
26,0.....	37	74
5.....	30	79
27,0.....	24	84
5.....	19	88
28,0.....	15	91
5.....	12	94
29,0.....	9	96
5.....	6	98
30,0.....	4	99
5.....	2	100

2. Die natürliche Zehrung.

Die Bestimmung der natürlichen Zehrung ist möglich, wenn man einerseite das Mass der fischereilichen Zehrung kennt und andererseits die Gesamtzehrung, die wirkliche Verminderung der Individuenzahl eines Jahrgangs im Laufe eines Jahres bestimmen kann. Die natürliche Zehrung ergibt sich dann aus der Differenz zwischen Gesamtzehrung und fischereilicher Zehrung.

Für die Altersgruppen der Nordseescholle, soweit sie bereits marktfähig sind, hat Thursby-Pelham den Betrag der Gesamtzehrung festgestellt. Sie untersuchte in aufeinanderfolgenden Jahren die Häufigkeit verschiedener Schollenjahrgänge im 100-Stunden-Fang der Lowestofter Dampftrawler. Die Verminderung der Stückzahl eines Jahrgangs von einem Jahr zum anderen lag bei den fünf- und mehrjährigen Schollen nahe bei 50 %.

Da nun die fischereiliche Zehrung allein bei marktfähigen Fischen etwa dieselbe Höhe erreicht, so kann der Prozentsatz der natürlichen Zehrung nur ganz gering sein.

Die empirische Feststellung der Gesamtzehrung und der fischereilichen Zehrung bei den Altersgruppen, die noch ganz oder z. T. untermassig sind, ist bisher noch nicht in befriedigender Weise gelungen. Wir hoffen, dass die Überwachung des Schollenbestandes in Verein mit den Markierungen auch hierüber mit der Zeit Klarheit schaffen wird. Vorläufig sind wir allerdings auf Vermutungen angewiesen. Wahrscheinlich wird die natürliche Zehrung auch bei kleinen Schollen — abgesehen von denen der ersten beiden Lebensjahre — nicht sehr hoch sein. Wir haben keine Seuchen bei diesen Fischen beobachtet, und die Zahl ihrer tierischen Feinde ist gleichfalls, soviel wir wissen, gering. Als solche kommen in Betracht grosse Kabeljaus, Steinbutt und Glattroche. Auf den Jungfischgründen sind aber diese Arten niemals häufig, vor allem nicht an den Orten und zu den Jahreszeiten der dichtesten Ansammlungen der jungen Schollen. Auch kann man nicht behaupten, dass kleine Schollen eine bevorzugte Nahrung dieser Fische wären. Wir dürfen deshalb wohl einen geringen Prozentsatz für die natürliche Zehrung auch bei den kleinen Schollen in Ansatz bringen. Allerdings ist eine sorgfältige Prüfung dieser Frage künftig dringend vonnöten.

3. Die Abhängigkeit der Wachstumsgeschwindigkeit von der Bestandsdichte.

Auf die Geschwindigkeit des Wachstums der Fische können sehr viele Faktoren Einfluss gewinnen, die z. T. in dem Organismus selbst liegen — z. B. die Erbanlagen — z. T. aber in den Bedingungen der Umwelt liegen. Auch bei dem Schollenbestand der südlichen Nordsee sind solche Umweltsfaktoren wirksam: Wir wissen, dass die Temperatur zur Zeit der winterlichen Abkühlung Verminderung und Stillstand des Wachstums bedingt. Wir wissen ferner, dass die Menge der verfügbaren Nahrung die Geschwindigkeit des Wachstums mitbestimmt.

Wir können uns vorstellen, dass das Wachstum der Tiere wie das der Pflanzen von dem Faktor abhängig ist, der im Minimum vorhanden ist. Im Winter ist dies die Temperatur: sie beeinträchtigt die Geschwindigkeit der Nahrungsaufnahme, der Verdauung, des Stoffwechsels und legt damit den Aufbau neuer Körpersubstanz still. In der sommerlichen Wachtumsperiode ist nicht die Temperatur, sondern die Menge der verfügbaren Nahrung im Minimum.

Schwankungen in der klimatischen Verhältnissen können die Veranlassung zu Schwankungen in der Wachtumsgeschwindigkeit geben. Das gleiche gilt von den natürlichen Schwankungen in den Beständen der Nahrungsorganismen der Scholle. Schliesslich verursachen die Fluktuationen in der Bruterzeugung bei der Scholle Veränderungen in der Bestandsdichte, die ihrerseits Schwankungen der Wachstumsgeschwindigkeit hervorbringen.

Aber diese Schwankungen des Wachstums sind für unsere Fragestellung ebenso bedeutungslos wie die Wirkung der internen und der sonstigen Umweltsfaktoren, die die Geschwindigkeit des Wachstums mitbestimmen. Es handelt sich hier nur um die Frage, *wie die Veränderung der Bestandsdichte, die auf die Schonung oder Vernichtung der untermassigen Fische zurückzuführen ist, die Wachstumsgeschwindigkeit beeinflusst.* Wir beobachten in einem Bestande bekannter Dichte eine gewisse durchschnittliche Wachstumsgeschwindigkeit. Es ist unerheblich, auf welche sonstigen Bedingungen die Realisierung gerade dieser Wachstumsgeschwindigkeit zurückzuführen ist. Wir wollen nur wissen, wie die Wachstumsgeschwindigkeit sich gestaltet, wenn die Dichte des Bestandes sich ändert.

Das Gesetz, welches den Zusammenhang zwischen Bestandsdichte und Wachstumsgeschwindigkeit regelt, kennen wir bis jetzt noch nicht. Es ist dringend notwendig, in Zukunft über diesen Punkt nähere Untersuchungen anzustellen. Wir sind für unsere Zwecke auf theoretische Überlegungen angewiesen, deren Richtigkeit wir glücklicher Weise an den Ergebnissen der von Ben Dawes ausgeführten Fütterungsexperimente bis zu einem gewissen Grade prüfen können.

Nehmen wir einmal an, der Bestand enthalte bei einer gewissen durchschnittlichen Nachwuchsmenge und einer gewissen Befischungsart im Durchschnitt — d. h. nach Ausgleich der Fluktuationen — n Individuen. Dann wird unter diesen Umständen eine gewisse durchschnittliche Wachstumsgeschwindigkeit herrschen. Wir beobachten z. B., dass die durchschnittliche Gewichtszunahme der Individuen einer bestimmten Altersgruppe im Jahre w Gramm beträgt. — Nun verändert sich die Art der Befischung, und die durchschnittliche Grösse des Bestandes wird n'. Die durchschnittliche Nahrungsmenge, die einem Individuum zur Verfügung steht, verändert sich daher im Verhältnis $\frac{n}{n'}$.

Eine einfache und sinngemässe Annahme ist es nun zu folgern, dass auch die jährliche Gewichtszunahme sich in dem gleichen Verhältnis ändert. Die neue Gewichtszunahme

$$w' = w \cdot \frac{n}{n'}.$$

Dies Gesetz werden wir in der folgenden Berechnung als Arbeitshypothese annehmen. Wir bezeichnen es als *„Vereinfachtes Wachstumsgesetz“* und formulieren es wie folgt: *„Die Gewichtszunahme verhält sich umgekehrt proportional zur Bestandsdichte.“*

Wir müssen uns vergegenwärtigen, dass es eine unbewiesene Arbeitshypothese darstellt. Die folgenden Überlegungen scheinen mir jedoch darzutun, dass wir bei seiner Anwendung innerhalb

Die Bezeichnung „Wachstumsgesetz“ wurde der Kürze des Ausdrucks wegen hier verwendet. Eine andere Bezeichnung wäre vielleicht besser am Platze gewesen, um einer Verwechselung mit den Wachstumsgesetzen der Entwicklungsphysiologen vorzubeugen. Diese bestimmen die Grösse (Gewicht, Volumen) als Funktion der Zeit, d. h. sie beschreiben die Veränderungen der Grösse im Verlauf der Zeit, während in unserer Formel die Zeit explicite garnicht vorkommt. Die Veränderungen der Grösse mit der Zeit entnehmen wir empirischen Beobachtungen, ohne ihre Gesetzmässigkeit näher zu prüfen. Wir wollen vielmehr feststellen, wie die Änderungen in den Ernährungsverhältnissen auf diejenigen Faktoren wirken, die in der Gleichung Vorkommen, [illegible]

gewisser Grenzen angenähert richtige Ergebnisse erzielen, obwohl die Dinge in Wirklichkeit viel komplizierter sind, als unsere Formel erkennen lässt.

In einem Gebiet ist die jährlich verfügbare Gesamtmenge der Nahrung a Gramm. Die Schollen fressen einen bestimmten Bruchteil dieser Nahrung, nämlich $a \cdot \nu$ g, während $a(1-\nu)$ g von den Nahrungskonkurrenten verzehrt wird oder ungenutzt bleibt. Ist die Individuenzahl des Bestandes n, so erhält jede Scholle im Durchschnitt $\frac{a \cdot \nu}{n}$ g im Jahre. Sie verbraucht davon einen Teil zur Aufrechterhaltung ihres Betriebsstoffwechsels (Erhaltungsnahrung), den Rest $\frac{a \cdot \nu \cdot \gamma}{n}$ g (wobei $\gamma < 1$), benutzt sie zur Vermehrung ihres Gewichts. Da sie x g zur Produktion eines g Körpergewichts nötig hat, so wird ihre jährliche Gewichtszunahme $w = \frac{a \cdot \nu \cdot \gamma}{n \cdot x}$ sein.

Wenn sich aber die Bestandsdichte ändert und n' wird, so ändert sich auch der Anteil der Gesamtnahrung, der den Schollen zufällt. Wird z. B. der Bestand dünner, so verbessern sich die Chancen der Nahrungskonkurrenten, Futter zu erhalten. Wir müssen also ν' statt ν setzen. Weiter ändert sich der Anteil der Erhaltungsnahrung, denn ist die Nahrungsmenge für die einzelne Scholle grösser, so braucht sie weniger davon zum Leben und kann mehr zum Aufbau verwenden. Doch ist diese Veränderung nicht proportional ihrer Nahrungsmenge, denn wenn sie schneller wächst, also grösser wird, so braucht sie auch mehr Erhaltungsnahrung. Statt γ müssen wir also einen Wert γ' setzen. Endlich ändert sich aber auch der Faktor x, denn Ben Dawes hat in seiner verdienstvollen Arbeit nachgewiesen, dass sehr reichlich gefütterte Schollen die Nahrung nicht so gut ausnutzen wie mässig ernährte. Wird nun auch x' statt x gesetzt, so beträgt das neue Wachstum

$$w' = \frac{a \cdot \nu' \cdot \gamma'}{n' \cdot x'}$$

Soll also w' durch das bekannte w ausgedrückt werden, so lautet das Wachstumsgesetz richtiger:

$$w' = w \cdot \frac{n}{n'} \cdot \frac{\nu'}{\nu} \cdot \frac{\gamma'}{\gamma} \cdot \frac{x}{x'}$$

Diese Formel unterscheidet sich von dem vereinfachten Wachstumsgesetz durch das Auftreten der drei Faktoren $\frac{\nu'}{\nu}$, $\frac{\gamma'}{\gamma}$, $\frac{x}{x'}$. Ist der Bestand n' lichter als n, so wird der von den Schollen genutzte Teil der Nahrungsmenge $\nu' > \nu$ sein, somit $\frac{\nu'}{\nu} > 1$. Ferner ist der Anteil der Wachstumsnahrung an der Gesamtnahrung kleiner, $\gamma' < \gamma$, $\frac{\gamma'}{\gamma}$ also < 1. Andererseits ist die Ausnutzung der Nahrung durch die einzelne Scholle nach Ben Dawes, besser, x' das Nahrungsequivalent für 1 g Gewichtszunahme, daher $< x$, *und* $\frac{x}{x'} > 1$. Wird der Bestand n' lichter als n, so kehrt sich alles um,

$$\frac{\gamma'}{\gamma} > 1, \qquad \frac{\nu'}{\nu} < 1, \qquad \frac{x}{x'} < 1.$$

Von den 3 Faktoren wirken also zwei stets in dem Sinne, dass in dem dichteren Bestande das Wachstum besser ist als das vereinfachte Wachstumsgesetz angibt, nämlich $\frac{\nu'}{\nu}$ und $\frac{x}{x'}$ der Konkurrenz- und der Ausnutzungsfaktor. Der dritte, $\frac{\gamma'}{\gamma}$ der Anteil der Erhaltungsnahrung, wirkt in entgegengesetztem Sinne.

Über die Grösse von γ und x verdanken wir Ben Dawes[1]) einige Aufschlüsse. Er reichte einer Anzahl von Schollen so viel Nahrung, dass sie gerade am Leben blieben, ohne Gewicht zu gewinnen oder zu verlieren. So bestimmte er die Menge der Nahrung, die für Fische bestimmter Grösse zur Erhaltung nötig ist. Andere Fische erhielten so viel Futter, wie sie aufnehmen konnten, wieder andere mässige Mengen. Nach einem Verfahren, das Dawes entwickelt, lässt sich ableiten, dass die Erhaltungsnahrung für die stark gefütterten Tiere wenigstens etwa $^1/_4$—$^1/_5$ der Gesamtnahrung betrug. Unter den Bedingungen seines Experiments war also $^3/_4$—$^4/_5$ der Höchstwert für γ. Bei mässig gefütterten Tieren machte die Erhaltungsnahrung etwa die Hälfte des Gesamtfutters aus, sodass γ hier $= ^1/_2$ war. Die stark gefütterten Tiere brauchten im Mittel 7.5 g Wachstumsnahrung zur Produktion eines g Körpergewicht, die mässig gefütterten dagegen nur 4 g. Da sind also die zugehörigen Werte von x.

Nehmen wir einmal an, die Fische in einem durch Vernichtung von Untermassigen stark gelichteten Bestande hätten soviel Nahrung, wie sie nur aufnehmen können, die Fische eines — infolge von Schonung Untermassiger — dichteren Bestandes dagegen nur etwa den doppelten Betrag ihrer Erhaltungsnahrung, so erhalten wir durch Einsetzung der obigen Werte für die Gewichtszunahme von B_1, wenn die von A_1 gleich w ist:

$$w' = w \cdot \frac{n}{n'} \cdot \frac{4 \cdot 2}{5} \cdot \frac{4}{7} \cdot \frac{\nu'}{\nu} = w \cdot \frac{n}{n'} \cdot \frac{32}{35} \cdot \frac{\nu'}{\nu},$$

worin $\frac{\nu'}{\nu} > 1$.

Demnach hätten wir in diesem Falle die Wachstumsbeschleunigung im lichteren Bestande nach dem

[1]) Ben Dawes hat in einer besonderen Arbeit sein Material mit statistischen Methoden behandelt und Regressionsgleichungen aufgestellt, die zu berechnen erlauben, wie gross das Wachstum in g bei gegebener Nahrungsmenge (in % des Körpergewichts) ist. Es wäre möglich gewesen, dies Material auch für unsere Berechnungen nutzbar zu machen. Nach eingehender Prüfung erschien es jedoch richtiger, mehr von den allgemeinen Ergebnissen seiner beiden ersten Arbeiten Gebrauch zu machen.

„vereinfachten Wachstumsgesetz“ zu hoch berechnet, das berichtigte Resultat würde also die Schonung der untermassigen Fische noch günstiger erscheinen lassen.

Wir sehen hieran, dass die Wirkung des γ-Faktors das Wachstumsgesetz nicht immer nach der für die Schonung der Untermassigen ungünstigen Seite verändern kann, sondern dass u. U. die Wirkung der x- und ν-Faktoren sie ausgleichen oder überwiegen kann. Es ist vorläufig schwer zu sagen, innerhalb welcher Grenzen der Bestandsdichte dies geschieht.

Wird der Bestand immer dichter, so wird bald der Zustand erreicht, dass alle erreichbare Nahrung von den Schollen konsumiert wird; damit hat ν sein Maximum erreicht und kann nicht mehr weiter steigen. Wahrscheinlich schon früher kommt das Maximum für x: Eine gewisse Nahrungsmenge braucht die Scholle zur Produktion eines g Körpergewicht auf jeden Fall. Es ist sogar wahrscheinlich, dass die Ausnutzung nur bei sehr reichlicher Fütterung schlechter wird. Damit sind ν und x ausgeschaltet, während γ, der Anteil der Wachstumsnahrung, immer noch kleiner werden kann. Er kann gleich 0 werden: dann wachsen die Schollen garnicht mehr. Aus dieser Überlegung geht hervor, dass in sehr dichten Beständen das Wachstum nicht so gut ist, wie wir es nach dem vereinfachten Gesetz berechnen. Ob dieser Zustand *bei normaler Befischung* jemals eintreten kann, selbst wenn alle Untermassigen geschont werden, kann aber zweifelhaft sein[1]).

Andererseits erreicht auch in sehr lichten Beständen die Wirkung des γ-Faktors ihre Grenze mit der Fresslust der Schollen. Gleichzeitig sinkt die Ausnutzung der Nahrung stark (x-Faktor), und die nicht von den Schollen aufgenommene Nahrung geht verloren (ν-Faktor). Infolgedessen ist auch in sehr lichten Beständen das Wachstum nicht so gut, wie das *vereinfachte Gesetz* es erwarten lässt.

Die wichtigsten Ergebnisse der theoretischen Überlegungen über das Wachtumsgesetz können folgendermassen zusammen gefasst werden:

Die einfache Beziehung $w' = w \frac{n}{n'}$ ist nicht zutreffend. Sie wird abgeändert durch den veränderlichen Nahrungskonsum der Konkurrenten, den veränderlichen Anteil der Wachtumsnahrung gegenüber der Erhaltungsnahrung und durch die veränderliche Ausnutzung der Nahrungsmenge, die der einzelnen Scholle geboten wird.

Das Verhältnis von Wachstums- und Erhaltungsnahrung wirkt dahin, dass nach dem vereinfachten Gesetz das Wachstum in dichten Beständen zu hoch berechnet wird. Die beiden anderen Faktoren wirken im umgekehrten Sinne. Diese beiden Faktoren überwiegen in sehr lichten Beständen, der erste dagegen in sehr dichten Beständen. In den extremen Fällen ist also das Wachstum sicher schlechter als nach dem vereinfachten Gesetz zu erwarten. In einer mittleren Zone mögen sich die Faktoren etwa ausgleichen. — Wir haben jedenfalls keinen Anhalt dafür, dass unser Wachstumsgesetz einen systematischen Fehler nur in einem Sinne enthält, etwa so, dass das Ergebnis der Schonung stets zu günstig beurteilt würde[1]).

[1]) Hierbei ist noch in Betracht zu ziehen, dass die Aussengründe der Nordsee, die bei einem dichten Bestand stärker bevölkert sein werden als bei einem dünnen, an Nahrung so reich sind, dass sie auch bei starker Besiedlung gute Wachstumsgeschwindigkeit gewährleisten.

III. Durchführung der Berechnung.

Im folgenden soll nun die Berechnung der Wirkung von Schonung bezw. Vernichtung untermassiger Schollen auf den Fangertrag einmal durchgeführt werden. Die Faktoren, die wir einsetzen müssen, wählen wir auf Grund der obigen Diskussion. Sie stimmen, soweit unsere heutige Kenntnis reicht, mit den wirklichen Verhältnissen überein.

Die Schollen der südöstlichen Nordsee verlassen im Verlaufe ihres zweiten Lebensjahres das Wattenmeer und den Küstensaum und erscheinen auf den Jungfischgründen von mehr als 10 m Wassertiefe. Vom Herbst des zweiten Lebensjahres an sind sie hier der Befischung durch die Hochseefischerei unterworfen. Daher wählen wir diesen Zeitpunkt als den Ausgangspunkt unserer Berechnung. Was wird aus einer Million kleiner Schollen, die zu diesem Zeitpunkt in das Gebiet der Hochseefischerei hineingekommen sind?

(Vergleiche Tabelle A_1) Bereits im Laufe des ersten Befischungsjahres (Spalte 1) wird die fischereiliche Zehrung ihre Zahl vermindern. Wie gross ist diese, wenn der Bestand, wie wir zunächst einmal annehmen wollen, mit dem Zungentrawl der Kutter befischt wird? Die Befischung wirkt während des ganzen Jahres, und zwar, da die Schollen im Laufe dieser Zeit von ca. 12 bis ca. 16 cm heranwachsen, mit der Zeit immer stärker. Wir bestimmen daher den Betrag der fischereilichen Zehrung am richtigsten auf Grund der mittleren Länge, die die Schollen in der Mitte des ersten Befischungsjahres erreichen, d. h. im Frühling des 3. Lebensjahres, wenn sie in die II-Gruppe einge-

[1]) Einen Umstand haben wir ausser Betracht gelassen, der das Ergebnis der Schonung untermassiger Fische sogar noch günstiger erscheinen lassen würde: Im Leben der Scholle verursacht der Eintritt der Geschlechtsreife eine beträchtliche Verminderung im Aufbau von Körpersubstanz. Die Geschlechtsreife tritt aber bei schnellwüchsigen Schollen früher ein als bei langsamwüchsigen. Wir gehen bei unserer Berechnung von der empirisch bestimmten Wachstumsgeschwindigkeit aus, die diesen Rückgang, sagen wir etwa im sechsten Lebensjahr aufweist. Berechnen wir das Wachstum eines dünneren schnellwüchsigen Bestandes nach unserer Formel, so tritt der korrespondierende Rückgang wiederum im sechsten Lebensjahr ein. In Wirklichkeit müsste er aber vielleicht schon ein Jahr früher erfolgen. Das bringt unsere Berechnung nicht zur Geltung.

*A*1. Gerät: Kuttertrawl mit Zungensteert. Befischungsstandard 50%. Nachwuchs 1.000.000 empirisch.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Befischungs Jahr	Alters-gruppe	Bestand bei Jahres-beginn	Zehrung fischereiliche		Zehrung natürliche		im Bestand mittl. Länge	im Bestand mittl. Gewicht	im Fang mittl. Länge	im Fang mittl. Gewicht	Gewicht der gefangenen Schollen gesamt		marktfähig	untermassig gefangene Schollen	
		Stück	%	Stück	%	Stück	cm	g	cm	g	kg	%	kg	%	Stück
1.	II	1.000.000	7	70.000	10	100.000	13,5	25	16,5	45	3.150	1	32	99,6	69.720
2.	III	830.000	34	282.200	5	41.500	18.0	58	19,5	74	20.883	10	2.088	96	270.912
3.	IV	506.300	48	243.024	5	25.315	22,5	114	22,5	114	27.705	28	7.757	81	196.849
4.	V	237.961	50	118.981	5	11.898	25,0	156	25,0	156	18.561	62	11.508	51	60.680
5.	IV	107.082	50	53.541	5	5.354	27,5	208	27,5	208	11.137	88	9.800	19	10.173
6.	VII	48.187	50	24.094	5	2.409	31,0	298	31,0	298	7.180	100	7.180	0	—
7.	VIII	21.684	50	10.842	5	1.084	33,0	359	33,0	359	3.892	100	3.892	0	—
8.	IX	9.758	50	4.879	5	488	36,0	467	36,0	467	2.278	100	2.278	0	—
Rest	...	4.391	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Summe	...	2.765.363	...	807.561	...	188.048	...	...	...	...	...	...	44.535	...	608.334
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

treten sind [1]). Diese ist in Spalte 8 mit 13,5 cm angegeben. Nach Hilfstabelle 2 fängt das Zungentrawl von dieser Länge 14 % bei einem Befischungsstandard von 100 %. Wir rechnen mit einem solchen von 50 %, erhalten demnach eine fischereiliche Zehrung von 7 % (Spalte 4). Von einer Million Stück werden also 70.000 Stück gefangen (Spalte 5), Hinzu kommt die natürliche Zehrung, die wir für diese kleinen Fische auf 10 % — 100.000 Stück (Spalte 6 und 7) veranschlagen. In das 2. Befischungsjahr treten also 1.000.000 — 170.000 = 830.000 Schollen ein (Spalte 3). Diese erreichen in der Mitte des 2. Befischungsjahres, als III-Gruppe im Frühjahr, eine mittlere Länge von 18,0 cm. Von dieser Länge fängt das Zungentrawl der Kutter nach Hilfstabelle 2 68 %, bei einem Befischungsstandard von 50 % also 34 %. Das entspricht einer Stückzahl von 282.200 Schollen. Die natürliche Zehrung ist hier und in den höheren Altersgruppen auf Grund unserer früheren Überlegungen nur noch mit 5 % angesetzt, die entsprechende Stückzahl im zweiten Befischungsjahr ist 41.500 Stück. 506.300 Schollen überleben das zweite und treten in das dritte Befischungsjahr ein. Hier beträgt die mittlere Länge in der Jahresmitte 22,5 cm. die fischereiliche Zehrung 48 %, die natürliche 5 %; 237.961 Schollen überleben und treten in das 4. Befischungsjahr ein. Die mittlere Länge wird 25.0 cm, das Zungentrawl lässt keine Schollen dieser Gruppe mehr entkommen, die fischereiliche Zehrung erreicht jetzt den Standard von 50 %, den sie auch bei den älteren Gruppen behält. Die Berechnungen wiederholen sich gleichartig bis zum 8. Befischungsjahr. Dieses überleben nur noch 4.391 Schollen (Spalte 3 unter „Rest"), deren Schicksal nicht weiter verfolgt zu werden braucht.

Wenn wir von der Wirkung der Fluktuationen absehen, die für unsere Frage ohne Bedeutung sind, so können wir annehmen, dass in jedem Jahre wieder ebensoviele — um bei unserem Beispiel zu bleiben, sagen wir eine Million — junger Schollen des 2. Lebensjahres von der Küste her zuwandern. Wir haben daher in jedem einzelnen Jahr eine Million Schollen, die in das erste, 830.000 die ins zweite, 506.300 die ins dritte Befischungsjahr eintreten u. s. f. Die Summe aller dieser Zahlen, die untereinander in der Spalte 3 unserer Tabelle stehen, ist also ein Mass für die Grösse des ganzen Bestandes [1]). Diese Summe beträgt 2.765.363 Stück. In entsprechender Weise ist die Summe aus Spalte 5 ein Mass für die Zahl der Schollen, die in jedem Jahr aus dem Bestand herausgefangen werden, und die Summe ihrer Gewichte demzufolge ein Mass für den Jahresertrag nach Gewicht, den der Bestand unter den angenommenen Befischungsbedingungen liefert. Dies Gewicht muss nun berechnet werden. Spalte 8 enthält die mittlere Länge der Schollen jeder Altersgruppe im Bestande. Aus der Hilfstabelle 2 ist zu ersehen, wie gross das Längenmittel der Schollen jeden Alters ist, die das Zungentrawl aus dem Bestande herausgefangen hat: Diese Mittelwerte stehen in Spalte 10. Nur die beiden ersten unterscheiden sich von den Längen „im Bestande". Die dazugehörigen Gewichtsmittel stehen in Spalte 11. Multiplizieren wir diese Gewichtsmittel mit der Zahl der gefangenen Schollen in Spalte 5, so erhalten wir das Gewicht derselben, das in Spalte 12 in kg angegeben ist. Hierbei sind die mitgefangenen Untermassigen noch mit berücksichtigt. Wir können aber in der Hilfstabelle 3 fest-

[1]) Die Schollen des zweiten Befischungsjahres sind in Spalte 2 der Einfachheit halber als II-Gruppe bezeichnet, obgleich sie erst um die Mitte des Jahres in die II-Gruppe eintreten. So ist allgemein verfahren worden.

[1]) Beträgt die jährliche Rekrutierung desselben n×1 Million, so enthält der ganze Bestand n×2.765.363 Schollen.

stellen, wie gross der prozentuale Gewichtsanteil der marktfähigen Schollen für die Altersgruppen der in Spalte 10 angegebenen mittleren Länge (im Fang!) ist; diese Prozentsätze stehen in Spalte 13. Aus Spalte 12 und 13 ergibt sich dann das Gewicht der marktfähigen Schollen, die gefangen wurden. Seine Summe beträgt 44.535 kg = 44½ t. Von den einzelnen Altersgruppen hat Gruppe V (4. Befischungsjahr) den grössten Anteil. Ausser ihr tragen die Gruppen IV, VI und VII namhaft zum Ertrage bei.

Weiter ist noch die Zahl der vernichteten untermassigen Schollen zu bestimmen. Wir finden in Hilfstabelle 3 den Anteil der Untermassigen der Zahl nach für Altersgruppen mit der in Spalte 11 aufgeführten mittleren Länge und setzen sie in Spalte 15 ein. Aus diesem und den Stückzahlen der im ganzen gefangenen Schollen in Spalte 5 erhalten wir die Stückzahl der untermassig gefangenen in Spalte 16. Es sind im ganzen 608.334 Stück, wovon weitaus die meisten auf die Altersgruppen III und IV entfallen.

Berechnung der fischereilichen Zehrung bei den jüngeren Gruppen hier die selektive Wirkung des Zungentrawls benutzt und die Wachstumsgeschwindigkeit dieser willkürlich zugeordnet. Aber die Werte, die sich für die Zehrung ergaben, stimmen recht gut mit dem Wenigen, was wir darüber aus direkten Beobachtungen wissen, überein. Dies ist verständlich, wenn man bedenkt, dass heute die Fischerei z. T. mit den weitmaschigen Geräten der dänischen Kutter, z. T. mit den engmaschigeren der holländischen und englischen Dampfer und Kutter ausgeübt wird. Die resultierende Zehrung untermassiger Fische kann sehr wohl von mittlerer Stärke sein, wie die des Zungentrawls.

Wie stellt sich der Ertrag der Fischerei nun, wenn diese statt mit dem Zungentrawl mit dem engmaschigeren Fischdampfertrawl ausschliesslich ausgeübt wird? Da die doppelt gestrickten Maschen dieses Geräts viel mehr kleine Schollen zurückhalten, ist die fischereiliche Zehrung, wie die Tabelle B_1 zeigt, von vornherein viel grösser. Sie beträgt bereits im ersten Befischungsjahr 35 %,

B_1. Gerät: Dampfertrawl mit Nordseesteert. Befischungsstandard 50%.
Nachwuchs 1.000.000. Wachstum $w' = w \cdot \frac{n}{n'}$.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Befischungs Jahr	Alters-gruppe	Bestand bei Jahres-beginn	Zehrung fischereiliche		Zehrung natürliche		im Bestand mittl. Länge	im Bestand mittl. Gewicht	im Fang mittl. Länge	im Fang mittl. Gewicht	Gewicht der gefangenen Schollen gesamt	Gewicht der gefangenen Schollen marktfähig		untermassig gefangene Schollen	
		Stück	%	Stück	%	Stück	cm	g	cm	g	kg	%	kg	%	Stück
1.	II	1.000.000	35	350.000	10	100.000	14,0	28	14,5	30	10.500	0	—	100	350.000
2.	III	550.000	50	275.000	5	27.500	19,5	74	19,5	74	20.350	10	2.035	96	264.000
3.	IV	247.500	50	123.750	5	12.375	25,5	152	25,5	152	18.810	68	12.791	44	54.450
4.	V	111.375	50	55.687	5	5.569	27,5	210	27,5	210	11.694	88	10.291	19	10.581
5.	VI	50.119	50	25.059	5	2.506	30,5	282	30,5	282	7.067	100	7.067	2	501
6.	VII	22.554	50	11.277	5	1.128	34,5	407	34,5	407	4.590	100	4.590	0	...
7.	VIII	10.149	50	5.075	5	507	36,5	492	36,5	492	2.497	100	2.497	0	...
Rest	...	4.567	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Summe	...	1.996.264	...	845.848	...	149.585	...	...	...	...	...	...	39.271	...	679.532
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Wird also der Bestand bei den angenommenen Wachstumsverhältnissen mit dem Zungentrawl befischt, so liefern je 1 Million jährlichen Nachwuchses 44½ t. marktfähiger Schollen, etwa 200.000 Stück, was ein Durchschnittsgewicht von 222 g ergibt. Dabei werden untermassig vernichtet ca. 608.000 Schollen, der natürlichen Zehrung fallen ca. 188.000 Stück jährlich zum Opfer.

Bei dieser Berechnung wurde die gegenwärtig beobachtete mittlere Wachstumsgeschwindigkeit in der südöstlichen Nordsee zugrundegelegt. Diese gilt natürlich auch nur für die gegenwärtigen Befischungsverhältnisse, insbesondere das gegenwärtige Mass der Vernichtung untermassiger Fische. Hier fehlen uns, wie schon erwähnt, noch ausreichende empirische Unterlagen. Wir haben zur Be-

vom zweiten an 50 %. Die Zahl der Überlebenden vermindert sich daher jetzt viel schneller als in der Berechnung A_1. Hatten wir dort zu Beginn des dritten Befischungsjahres noch 506.300 Schollen, so sind es hier nur noch 247.500, und schon das 7. Befischungsjahr überleben nur 4.567 Schollen, eine so geringe Zahl, dass wir sie hier — wie dort nach dem 8. Jahr — vernachlässigen dürfen. Dementsprechend ist auch die Summe aus Spalte 3, die die Bestandsdichte repräsentiert, erheblich kleiner: Es sind nur noch 1.996.264 gegen 2.765.636 in Tabelle A_1. Der Bestand A_1 war also 1.39 mal so dicht wie der Bestand B_1; jede einzelne Scholle des Bestandes B_1 kann also im Durchschnitt 1.39 mal soviel Nahrung zu sich nehmen wie in A_1.

Wir wenden nun unser „vereinfachtes Wachs-

tumsgesetz“ an. In unserem Falle besagt es, dass die Schollen im Bestande B_1 eine jährliche Gewichtszunahme aufweisen, die 1.39 mal so gross ist wie im Bestande A_1. In Tabelle A_1 hatten wir in Spalte 9 die mittleren Gewichte der Altersgruppen, und die Differenz je zweier benachbarten Zahlen dieser Spalte gibt demnach die jährliche Gewichtszunahme in dem betr. Alter an. Die Verbesserung der Ernährungsverhältnisse gilt erst für die Schollen von der Mitte des zweiten Lebensjahres an, nicht aber für die noch jüngeren Schollen ausserhalb des Befischungsgebiets. Gesteigert wird das Wachstum daher erst von einer Durchschnittslänge von 12 cm und einem Durchschnittsgewicht von 17 g an, das die Schollen im Herbst des zweiten Lebensjahres bereits erreicht haben. Weiterhin wird jeder Zuwachs auf das 1.39 fache erhöht. Die Berechnung gestaltet sich folgendermassen:

Wenn die oben gefundenen Gewichts- und Längenmittel in die Tabelle B_1 eingesetzt sind, vollzieht sich der Rest der Berechnung ganz wie bei A_1. Wir erhalten dann einen Fangertrag von 39.271 kg (ca. 39 t), und ca. 166.000 Stück marktfähiger Schollen mit einem Durchschnittsgewicht von 236 g. Untermassig vernichtet sind 679.532 Stück, der natürlichen Zehrung fallen 149.585 Stück zum Opfer. Zum Fange marktfähiger Schollen tragen vornehmlich die IV-Gruppe, fast ebenso sehr die V-Gruppe, ferner noch die VI-Gruppe namhaft bei. Vergleicht man die wichtigsten Ergebnisse beider Berechnungen, die in der zusammenfassenden Tabelle an den ersten beiden Stellen stehen, so ergibt sich folgendes: *Der Ertrag* nach Gewicht zunächst *ist für B_1 kleiner als für A_1* und zwar etwa um 12 pCt. *So wird die Verwendung des engmaschigeren Geräts nach unserer Berechnung ungünstig auf den Ertrag einwirken.* Die Zahl der

Altersgruppe	Bestand A_1 Mittl. Länge cm	Mittl. Gewicht g	Gewichtszunahme g	Bestand B_1 Gewichtszunahme g	Mittl. Gewicht g	Mittl. Länge cm	Altersgruppe
I (Herbst)	12,0	17	8	11	17	12,0	I
II (Frühj.)	13,5	25	33	46	28	14,0	II
III	18,0	58	56	78	74	19,5	III
IV	22,5	114	42	58	152	25,0	IV
V	25,0	156	52	72	210	27,5	V
VI	27,5	208	90	125	282	30,5	VI
VII	31,0	298	61	85	407	34,5	VII
VIII	33,0	359	108	150	492	36,5	VIII
IX	36,0	467			642	40,0	IX

Das Wachstum ist also nun beträchtlich schneller. Die Länge von 25.0 cm z. B. wird von der Altersgruppe IV erreicht, während in der Berechtung A_1 erst die V-Gruppe so gross wurde. Die VIII-Gruppe ist bereits etwas grösser als die IX-Gruppe von A_1.

Zum bessern Verständnis muss noch auf einen Punkt hingewiesen werden. Von der Wachstumsgeschwindigkeit ist bei Verwendung eines bestimmten Geräts die Grösse der fischereilichen Zehrung auf den jüngeren Stadien abhängig, von dieser die Bestandsdichte, und, um den Kreis zu schliessen, von der Bestandsdichte wieder die Wachstumsgeschwindigkeit. Die einzige Möglichkeit, um richtige, aneinander zugeordnete Werte von Zehrung und Wachstum zu erhalten, ist das Probieren: Man setzt beliebige Werte für die Zehrung ein, berechnet die Bestandsdichte und die dieser entsprechende Wachstumsgeschwindigkeit und sieht nach, ob sich die Zehrung, die sich für die Altersgruppen bei der neuen mittleren Länge ergibt, mit den angenommenen Werten deckt. Wenn nicht, so wiederholt man den Versuch mit veränderten Zehrungswerten. Meist findet man ziemlich schnell die einzig richtigen Prozentsätze.

marktfähig gefangenen Schollen ist merklich kleiner als bei A_1 (17 %), aber die Schollen sind im Mittel schwerer. Dies erklärt sich daraus, dass infolge des schnelleren Wachstums mehr grosse Schollen vorhanden sind, wiewohl die gefangenen Schollen, wie aus den genannten Zahlen hervorgeht, bei B_1 jünger sind als bei A_1. Wie wir erwarten durften, ist die Menge der untermassig vernichteten Fische bei Verwendung des Dampfertrawls grösser als bei Verwendung des Kutter-Zungentrawls. Wenn der Unterschied mit ca. 12 pCt. der Zahl aber nicht besonders gross ist, so liegt das daran, dass die Schollen jetzt erheblich schneller wachsen und eher marktfähig werden. *Sie durchlaufen das Stadium der Untermassigkeit so schnell, dass auch die sehr vergrösserte Zehrung innerhalb dieser Zeit nicht viel mehr verschlingt als vorher.* In der Altersgruppe IV sind bei Berechnung A_1 81 %, bei Berechnung B_1 aber nur 44 % der gefangenen Schollen untermassig. Daher verschiebt sich die stärkste Jungfischvernichtung für B_1 in das 1. und 2. Befischungsjahr. Die Zehrung ist vor allem bei den jüngsten Gruppen gross, daher ist die Abnahme der Bestandsdichte so beträchtlich. Eine direkte Folge der

schnelleren Abfischung ist der Rückgang der Zahl der Schollen, die der natürlichen Sterblichkeit zum Opfer fielen.

Unser Bestand B_1 unterscheidet sich vom Bestand A_1, soweit wir es wissen, in vieler Beziehung in der gleichen Richtung, wie der hauptsächlich mit Dampfern befischte Schollenbestand der Vorkriegszeit von dem hauptsächlich von Kuttern befischten der Gegenwart. Der Vorkriegsbestand war lichter und schnellwüchsiger, wie wir aus direkten Beobachtungen wissen, und enthielt auch mehr grosse Schollen als der heutige, während der Durchschnittsertrag geringer war, was die Statistik beweist. Wenn wir vergleichbare Marktanalysen besässen, so würden wir vermutlich auch finden, dass die gelandeten Schollen heute kleiner und älter sind, als vor dem Kriege. Diese Betrachtung ist zweifellos geeignet, das Vertrauen in den Wert unserer Berechnung zu steigern [1]).

Man kann nun die Frage stellen, ob auch eine sehr viel wirksamere Schonung der untermassigen Schollen günstig auf den Fangertrag einwirken wird. Zur Beantwortung dieser Frage nehmen wir eine weitere Berechnung vor (C_1), indem wir davon ausgehen, dass der Bestand mit dem weitmaschigen Schollentrawl befischt wird, dessen Selektionsgrenze sehr hoch liegt und wenig hinter der dänischen Wade zurückbleibt. Es ist klar, dass die Verminderung der Zahl unseres Fischnachwuchses jetzt sehr viel langsamer geht, der Bestand also dichter, die Wachstumsgeschwindigkeit geringer werden muss. Die Einzelheiten der Berechnung brauchen uns nicht mehr zu beschäftigen. Sie ist in Tabelle C_1 durchgeführt. Die wichtigsten Ergebnisse derselben finden wir in der zusammenfassenden Tabelle unter C_1. Da sehen wir, dass die Bestandsdichte auf fast 4,6 Millionen gestiegen ist: Der A_1-Bestand war nur 0,6 mal so dicht. Die mittlere Länge der Altersgruppen ist entsprechend zurückgegangen. Es mag die Angabe genügen, dass sie erst für die VII-Gruppe über 25 cm steigt und bei der IX-Gruppe erst 30.5, bei der XII-Gruppe 37.5 cm beträgt.

Der Fangertrag ist 87½ t, fast doppelt so gross wie bei A_1 und mehr als doppelt so gross wie bei B_1. *Mithin kann auch eine sehr starke Schonung trotz der starken Wachstumsverminderung nur günstig auf den Fangertrag wirken,* wenn unsere

C_1. Gerät: Kuttertrawl mit Schollensteert. Befischungsstandard: 50 %.

Nachwuchs: 1.000.000. Wachstum: $w' = w \cdot \frac{n}{n'}$.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Befischungs Jahr	Alters-gruppe	Bestand bei Jahres-beginn	Zehrung fischereiliche		Zehrung natürliche		im Bestand mittl. Länge	im Bestand mittl. Gewicht	im Fang mittl. Länge	im Fang mittl. Gewicht	Gewicht der gefangenen Schollen gesamt	Gewicht der gefangenen Schollen marktfähig		untermassig gefangene Schollen	
		Stück	%	Stück	%	Stück	cm	g	cm	g	kg	%	kg	%	Stück
2.-3.	II	1.000.000	0.5	5.000	10	100.000	13,0	22	18,5	63	315	7	22	98	4.900
3.-4.	III	895.000	3.5	31.325	5	44.750	16,0	42	20,0	80	2.506	12	301	95	29.759
4.-5.	IV	818.925	12	98.271	5	40.946	19,5	76	22,0	106	10.417	24	2.500	85	83.530
5.-6.	V	679.708	20	135.942	5	33.985	21,5	101	23,0	122	16.585	34	5.639	76	103.316
6.-7.	VI	509.781	30	152.934	5	25.489	23,5	132	24,5	147	22.481	55	12.365	58	88.702
7.-8.	VII	331.358	40	132.543	5	16.568	26,5	186	27,0	197	26.111	84	21.933	24	31.810
8.-9.	VIII	182.247	44	80.189	5	9.112	28,0	223	28,5	231	18.524	93	17.227	12	9.623
9.-10.	IX	92.946	47	43.685	5	4.647	30,5	288	30,5	288	12.581	100	12.581	2	874
10.-11.	X	44.614	50	22.307	5	2.231	33,0	364	33,0	364	8.120	100	8.120	0	...
11.-12.	XI	20.076	50	10.038	5	1.004	35,5	453	35,5	453	4.547	100	4.547	0	...
12.-13.	XII	9.034	50	4.517	5	452	37,5	520	37,5	520	2.349	100	2.349	0	...
Rest	...	4.065	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Summe	...	4.587.754	...	716.751	...	279.084	...	...	...	...	...	...	87.584	...	352.514
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

[1]) Bei einer Million jährlichen Nachwuchses haben wir hier ein Fanggewicht von 40 t — 90 t errechnet. Die jährlichen Schollenanlandungen aus der Nordsee betragen der Grössenordnung nach das 1000 fache. Würden wir bei unserer Berechnung von einer Milliarde Stück jährlichen Nachwuchses ausgehen, so würde das Fanggewicht die gleiche Grössenordnung annehmen. Es ist interessant, dass Heincke und Kyle die durchschnittliche Menge des jährlichen Schollennachwuchses in der Nordsee auf 500 Millionen — 1 Milliarde schätzen, und auch meine eigenen Schätzungen bewegen sich in dieser Höhe. Natürlich sind solche Erwägungen mit grosser Vorsicht aufzunehmen.

Annahmen richtig sind. Übrigens werden immer noch 352.514 untermassige Schollen mitgefangen, eine verhältnismässig grosse Zahl in Anbetracht der hohen Selektionsgrenze des Schollentrawls. *Die Fische wachsen jetzt so langsam, dass sie lange in der kritischen Zone eben unterhalb des Marktmasse bleiben, wo auch dies Netz untermassige mitfängt.* In der IV-VI-Gruppe ist die Zahl derselben jetzt am grössten. Die Wirkung der natürlichen Zehrung ist mit 279.000 Stück viel grösser. Trotz alledem

aber ist die Zahl der marktfähig gefangenen Schollen (ca. 364.000) erheblich gestiegen und, da die Zahl der alten Schollen sehr gross ist, ist auch das mittlere Gewicht derselben mit 240 g sogar noch etwas höher als bei B_1. Zum Marktgewicht tragen vornehmlich alte Gruppen (VI-IX) bei. —

Wir können nun weiter in unserer Berechnung bestimmte Faktoren variieren und die Ergebnisse bez. des Fangertrages mit den bisherigen vergleichen. Wichtig ist es z. B. zu wissen, *welche Wirkung die Vernichtung von Schollen des ersten und zweiten Lebensjahres durch die Garnelenfischerei* im Wattenmeer und unmittelbar an der Küste — also vor dem Eintritt der Schollen in das Fanggebiet der Hochseefischerei — *hat*. Wir können unsere Berechnung leider nicht auf die ersten 1½ Lebensjahre ausdehnen, da wir gar keinen Anhaltspunkt für die Grösse der natürlichen Zehrung auf den jüngsten Stadien — die zweifellos sehr bedeutend ist — haben. Wir helfen uns dadurch, dass wir die Ausgangszahl, die Zahl des Nachwuchses im ersten Befischungsjahr auf der Hochsee, von 1 Million auf 800.000 senken. Wir können nicht genau sagen, welches Mass von Zehrung durch die Garnelenfischerei wir damit annehmen, sicher aber ein recht grosses. Unter dieser Voraussetzung sind die Berechnungen wieder durchgeführt für die 3 Befischungstypen (mit Kutter-Zungentrawl A_2, mit Fischdampfertrawl B_2, mit Kutter-Schollentrawl C_2). Es ist klar, dass die Bestandsdichte in dieser zweiten Gruppe überall geringer, das Wachstum besser sein muss als in der entsprechenden Berechnung der ersten Gruppe (in A_2 verglichen mit A_1 etc.). In der zusammenfassenden Tabelle der Berechnungen finden wir das interessante Ergebnis, dass trotz der Dezimierung des jüngsten Nachwuchses der Ertrag des Bestandes A_2 mit 49.7 t um ca. 5,2 t, der des Bestandes B_2 mit 42 t um 2.7 t gegen A_1 bezw. B_1 gestiegen ist. Dagegen ist der Ertrag von C_2 mit 85 t um 2.5 t gegen C_1 gefallen, immerhin nur 3 %, während der Ausfall im Nachwuchs 20 % beträgt. Diese Berechnung bestätigt also die Auffassung, dass *auf den frühesten Stadien eine Lichtung des Nachwuchses günstig oder doch jedenfalls ungleich weniger schädlich wirkt als die Vernichtung älterer Jungfische.* Dass diese für den Ertrag nachteilig wirkt, bestätigt sich dadurch, dass auch jetzt der Ertrag des mit dem Zungentrawl befischten Bestandes besser ist als der des mit Dampfertrawl befischten, und der des am meisten geschonten Bestandes C_2 noch doppelt so gross wie der des letzten. — Durch die schnellere Abfischung und das schnellere Wachstum ist die Vernichtung von Untermassigen und die Wirkung der natürlichen Zehrung überall heruntergegangen; rechnet man die Vernichtung von wenigstens 200.000 Schollen durch die Garnelenfischerei mit ein, so ist trotzdem die Zahl der Fische, die dem Marktfang nicht zugute kommen, bei A_2 und B_2 nur etwa ebensogross wie bei A_1 bezw. B_1, bei C_2 aber etwas grösser als bei C_1. — Ferner ist das Durchschnittsgewicht der gefangenen Schollen infolge des schnelleren Wachstums überall gestiegen, am stärksten bei B_2, sodass es dort jetzt grösser ist als bei C_2. Daraus erklärt sich die günstige Wirkung der Lichtung des Bestandes bei A_2 und B_2, sowie der Umstand, dass der C-Bestand bei der Lichtung des Nachwuchses relativ schlechter abschneidet als die A- und B-Bestände.

Wie beeinflusst endlich eine sehr starke Steigerung des Befischungsstandards die Erträge? In den Berechnungen A_3, B_3, C_3 ist der Befischungs-

Ergebnis der Berechnungen nach dem vereinfachten Wachstumsgesetz.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Gruppe	Bezeichnung	Befischung mit	Befischstandard %	Nachwuchs im 1. Befischungs Jahr Stück	Bestandsdichte (n) Stück	$\frac{n}{n'}$	Marktfähig gefangene Schollen: Gesamtgewicht kg	Gesamtzahl Stück	mittl. Gewicht g	untermassig gefangene Schollen Stück	der natürlichen Sterblichkeit erlegen Stück
1	A_1	Kuttertrawl Zungensteert ...	50	1.000.000	2.765.363	(n)	44.535	199.227	222	608.334	188.048
	B_1	Dampfertrawl Nordseesteert			1.996.264	1,39	39.271	166.316	236	679.532	149.585
	C_1	Kuttertrawl Schollensteert .			4.587.754	0,60	87.584	364.237	240	352.514	279.085
2	A_2	Kuttertrawl Zungensteert ...	50	800.000	2.074.685	1,33	49.740	213.941	232	436.154	143.410
	B_2	Dampfertrawl Nordseesteert			1.524.557	1,81	41.931	155.397	271	525.220	116.061
	C_2	Kuttertrawl Schollensteert .			3.213.530	0,86	85.151	337.174	253	258.954	200.455
3	A_3	Kuttertrawl Zungensteert ...	75	1.000.000	2.063.232	1,34	30.249	152.553	227	692.317	153.058
	B_3	Dampfertrawl Nordseesteert			1.386.880	1,99	15.562	74.865	207	803.435	119.220
	C_3	Kuttertrawl Schollensteert .			3.718.551	0,74	73.633	340.927	216	420.946	235.811
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

standard mit 75 % eingesetzt, der jährliche Nachwuchs wieder wie in der ersten Gruppe mit 1.000.000. Die Zahl der Überlebenden wird bei so starker Fischerei natürlich sehr vermindert, der Bestand wird dünn und das Wachstum sehr schnell. Aber eben infolge der starken Fischerei geht die Zahl der untermassig vernichteten Fische trotz des schnellen Wachstums nicht zurück, sie wird vielmehr beim A_3-, B_3- und C_3-Bestand noch grösser als bei A_1, B_1 und C_1. Die Schollen werden auch, nachdem sie marktfähig geworden sind, so schnell weggefangen (bei B_3 z. B. ist schon nach dem 4. Befischungsjahr nur noch ein kleiner Rest vorhanden), dass sie trotz des guten Wachstums nicht mehr gross werden. So ist das Ergebnis ungünstig: *Die Fangerträge fallen überall.* Am schlimmsten ist es bei dem Dampfertrawl B_3. Der Ertrag ist mit 15½ t weit weniger als halb so gross als bei mässiger Befischung (B_1). Aber auch der mit Zungenkurre befischte Bestand A_3 liefert mit 30 t nur $^2/_3$ des Ertrages von A_1. Verhältnismässig am günstigsten steht der Bestand C_3 da, dessen Jungfische am meisten geschont wurden. Mit 74 t werden immerhin 84 % von dem C_1-Ertrag gefangen.

Dies Resultat unserer Berechnungen ist interessant: Wir sehen bei sehr starker Befischung den Fangertrag sinken. Dabei haben wir sogar noch bei einem so hohen Befischungsstandard wie 75 % angenommen, dass die Zeugungsfähigkeit des Bestandes nicht leidet, denn den Nachwuchs habe ich unverändert mit 1.000.000 eingesetzt. *Dieser Rückgang des Ertrages ist eine typische Überfischung, und wir sehen, dass eine solche theoretisch auch ohne Verminderung des Nachwuchses denkbar ist.* Am stärksten ist der Rückgang des Ertrages bei der Befischung mit dem engmaschigen Dampfertrawl, am widerstandsfähigsten erweist sich der Bestand, dessen Jungfische am besten geschont werden. Dieser Befund würde, wenn die Voraussetzungen unserer Berechnung richtig sind, mehr als alles andere für die Schonung untermassiger Fische sprechen.

Das Ergebnis unserer Berechnungen dürfen wir folgendermassen zusammenfassen:

(1) Unter gleichen Bedingungen ist der Ertrag eines Bestandes um so höher, je weniger untermassige Fische von der Hochseefischerei vernichtet werden.

(2) Minder nachteilig ist die Lichtung des Bestandes auf den frühesten Bodenstadien. Diese kann vielmehr u. U. durch die resultierende Wachstumsverbesserung eine Zunahme des Ertrages bewirken.

(3) Bei sehr intensiver Befischung kann der Ertrag selbst dann zurückgeben, wenn die Menge des Nachwuchses gleich bleibt. Am widerstandsfähigsten gegen starke Befischung erweisen sich solche Bestände, deren untermassige Jungfische geschont wurden.

Diese Ergebnisse sind so klar und einleuchtend, dass man wünschen möchte, die bei der Berechnung verwendeten Voraussetzungen wären bereits sicher fundiert. Es ist bereits eingangs gesagt worden, dass wir uns vorläufig mit unsicheren Grundlagen begnügen mussten. Nirgends aber waren wir auf ganz haltlose Annahmen angewiesen, und es liegt in unserer Macht, durch weitere Untersuchungen dieselben immer mehr zu berichtigen.

Es war nicht das Hauptziel dieser Ausführungen, eine *Lösung* der Frage zu versuchen, ob die Schonung untermassiger Fische für den Bestand nützlich oder schädlich sei. *Es sollte vielmehr in erster Linie versucht werden, gangbare Wege zu dieser Lösung aufzusuchen und vor Irrwegen zu warnen.* Ferner sollte gezeigt werden, welche Faktoren bei der Beantwortung unserer Frage in Betracht gezogen werden müssen und wie sie miteinander in Wechselwirkung stehen. *Man kann sich die Rolle der einzelnen Faktoren und ihr Zusammenspiel in der Tat kaum besser klar und anschaulich machen, als durch die Anstellung solcher Berechnungen,* wie sie hier vorgeführt wurden. Dadurch treten klar eine Anzahl von Aufgaben hervor, die unsere Untersuchungen künftig erfüllen müssen und auch wohl können. Es ist einmal die genaue Bestimmung der Zehrungsgrösse und ihrer fischereilichen und natürlichen Komponente. Zweitens die sichere Bestimmung der gegenwärtig herrschenden Wachstumsverhältnisse. Die dritte und schwierigste Aufgabe ist die Aufklärung der Beziehung zwischen Bestandsdichte und Wachstumsgeschwindigkeit. Ein Weg hierzu ist die ständige Überwachung der Bestandsdichte und der gleichzeitigen Wachstumsgeschwindigkeit im Meere. Doch wird man auch auf weitere Experimente der Art, wie sie Ben Dawes angestellt hat, nicht verzichten können. Aus diesen kann man noch sehr viel lernen, besonders wenn dabei mittlere Ernährungsverhältnisse mehr als bisher untersucht werden.

Über diese didaktische Zweckmässigkeit hinaus aber scheint mir das hier dargestellte Berechnungsverfahren noch eine allgemeinere Bedeutung zu haben: *Es ist eine geeignete Plattform, auf der sich die Verfechter verschiedener Meinungen über die Wirkung der Schonung auseinandersetzen können.* Auf Grund des gegenwärtigen Standes unserer Kenntnis habe ich die Voraussetzungen gewählt, die in die Berechnung eingesetzt wurden. Darauf beruht das oben zusammengefasste Ergebnis. Ein jeder ist nun in der Lage, Kritik an diesen Voraussetzungen zu üben, besser begründete Voraussetzungen in die Berechnung einzuführen und zu prüfen, welches Resultat sie alsdann ergibt.

VIII

IS THE DESTRUCTION OF UNDERSIZED FISH BY TRAWLING PREJUDICIAL TO THE STOCK?

BY

E. S. RUSSELL, LONDON,
Ministry of Agriculture and Fisheries.

1. It is a well known fact that under present conditions of trawling in the North Sea considerable quantities of fish, particularly haddock and plaice, are destroyed before they reach a marketable size; evidence as to the extent of the destruction caused by steam trawlers will be presented at a later stage (see pp. 7—8). In my contribution to the general discussion I propose to consider mainly this particular case of the capture of undersized fish by trawling. I shall attempt to answer the question: Has the destruction of undersized plaice and haddock incidental to this fishery a prejudicial effect on the stock or not?

2. Let us state the problem in the simplest way. Suppose it were possible to stop the present capture of undersized fish by trawlers or to reduce it materially, so that the bulk of the small fish now caught and discarded were left in the sea to grow, what would be the effect on the stock? The commonsense answer is that the stock available for capture would be increased, as the undersized fish grew up to marketable size. We shall see that this conclusion is substantially correct, but the problem is not so simple as this crude solution of it would imply, for we must take into consideration the fact that the food-supply is not unlimited.

It has indeed been plausibly argued that to spare the undersized fish entails a general diminution of growth-rate, and it has even been suggested that this diminution in growth-rate may undo all the good that would apparently arise from sparing the small fish.

Clearly, if the food-supply is superabundant, so that both the thinned and the unthinned stock can grow at the maximum rate, this argument falls to the ground, for the effect of thinning in these circumstances can only be detrimental. Let us however consider the more usual case, where the food-supply is insufficient to permit of maximal growth.

3. The problem may be formulated in a generalised way as follows. Let us assume that, *without thinning*, x fish of average weight w grow to an average weight of $w + a$ in time t, and let $w + a$ be the average weight at the minimum commercial size. Then, *with thinning*, the x fish will yield, in time t, $x - y$ fish of average weight $w + a + i$, i being the average extra increment of growth, over and above a, put on by each fish in the thinned stock, by the end of time t, owing to there being less competition for the available food.

In this case, which corresponds to the actual state of affairs, the total weight of the stock at the end of time t will be

$$(x - y)\ (w + a + i) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ Y_1$$

In the former case, the yield will be

$$x\ (w + a) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ Y_2$$

Now Y_1 will be $>=<\ Y_2$

as $(x - y)\ (w + a + i) >=<\ x\ (w + a)$

as $xw + xa + xi - yw - ya - yi$
$>=<\ xw + xa$

as $i\ (x - y) - y\ (w + a) >=<\ 0$

as $i\ (x - y) >=<\ y\ (w + a) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ (1)$

This means that we have to set against the definite loss of growing fish caused by thinning, namely $y(w + a)$, only the *extra* increments of growth of the survivors, $i(x - y)$. For thinning to be worthwhile, the survivors must put on an *additional* growth-increment greater in amount than the *total* weight of those eliminated, computed at their final weight in the unthinned stock.

4. We have, however, not got down to the root of the matter. We must consider the amount of food available, and in particular the different ways in which the food is utilised by the fish. The fish does not convert into body-substance all the energy derived from its food; a proportion of this must be used up for normal functional purposes — for digestion, assimilation, muscular movement and the like. If the food supply is very scanty, the fish may merely live and maintain itself without growth keeping body-weight constant or even losing a little weight. Let us call the amount of food required to keep body-weight constant the *maintenance food*. We may safely assume that the amount of maintenance food required will vary in some direct relation with body-weight, that a large fish will require more maintenance food than a small fish. It may be that the ratio of maintenance food to body-weight per unit time remains fairly constant throughout life, or — more probably — it may be found that it varies according to size, age, condition and other factors; as to this we have as yet little information. The relation maintenance food per day/body-weight we shall call the *maintenance ratio*.

If a fish gets more to eat than its maintenance ration, we may assume that the surplus is utilised for growth of tissues leading to increase of weight. We may speak of this part of the food as the food available for growth, or more shortly as the *growth*

food, and we may call the relation growth-food/growth the *food-growth ratio*.

Here the time factor comes in; the processes of digestion and assimilation cannot be accelerated indefinitely; there is therefore, under given conditions of temperature, a definite limit to rate of growth, or, put in another way, the fish cannot utilise for growth in a given time more than a certain amount of food; there is an upper limit to the rate of growth.

It follows from these elementary considerations that if there is a certain quantity of food available, this will be utilised in different ways according to the number and size of the fish present to eat it. The fish may be so numerous that they utilise all the available food for maintenance and do not grow. They may be so few that they all grow at the maximum rate and still leave some food unconsumed. In the intermediate case, which is exemplified by the plaice stock in the southern North Sea, the numbers may be such that the food suffices only for maintenance and sub-maximal growth.

Any given amount of food can be most profitably utilised for the production of fish-flesh only if the number and size of the fish are adjusted in such a way that the ratio of growth food to maintenance food is at a maximum, while all the food is consumed. Such a state of affairs can, of course, be achieved only in artificially controlled conditions, as in the culture of carp in ponds, where maximum growth-rate with a minimum of waste is in fact the ideal aimed at in practice.

The bearing of these general considerations upon our problem is obvious. If in the two cases considered the amount of available food is the same, the unthinned stock will use more of it for maintenance and less of it for growth. In the unthinned stock, not only will there be less food available per fish, but a greater proportion of the total food will be consumed for maintenance purposes, leaving less available for growth.

5. Let us now return to our original formulae and introduce this question of maintenance food and growth food. *Let us assume that in both cases the total amount of food consumed is the same.* This means that the unthinned stock has no more to eat than the thinned stock; it also means that the thinned stock utilises all the food "released" by thinning. It should be noted that the assumption that the x — y fish *can* utilise all the food in time t imposes a definite restriction on the problem. Since there is a limit to the rate of growth, x — y cannot be less than a certain proportion of x, as otherwise there would not be enough fish, even if growing at the maximum rate, to utilise the surplus food.

We shall make one further assumption, which simplifies the mathematical treatment of the problem, namely, that the reduction from x to x — y fish takes place at the beginning of the period t.

We have then in both cases the following amount of food available:-

(1) Maintenance food for x fish growing from w to w + a.

plus (2) Growth food for x fish, sufficient to yield the increment xa.

In the unthinned stock the food is utilised as above stated. In the thinned stock, there is available maintenance food for x — y fish, plus maintenance food for y fish, also growth food for x — y fish plus growth food for y fish; growth food in all cases being just sufficient to give the increment a for each fish, and maintenance food being just sufficient for the needs of each fish while growing from w to w + a, in time t.

That is to say, the x — y fish have available, and consume, (1) their own maintenance rations while growing to average weight w + a, in a time *less* than t, (2) growth food sufficient to yield the increment (x — y) a, (3) growth food sufficient to yield the increment ya, and (4) the maintenance rations of y fish growing to average weight w + a. The yield from (2) and (3) is = xa[1]). Calling the increase due to (4) M, the final weight of the thinned stock will be its initial weight plus the yield from (2), (3) and (4), that is:

(x — y) w + xa + M, which gives us a new value for Y_1. In the unthinned stock, the final weight is of course x (w + a) = Y_2. We get then, *for the special case considered*, the following comparison:-

$$Y_1 \gtreqless Y_2$$

$$\text{as } (x - y)\, w + xa + M \gtreqless xw + xa$$

$$\text{as } M \gtreqless yw \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

The position is that, by hypothesis, the thinned stock can and does utilise for growth the growth rations of the eliminated fish, as well as its own growth rations; the resultant increase in weight from these sources is (x — y) a + ya = xa; this yields exactly the same increase as in the unthinned stock, and xa accordingly cancels out in our equation; we are then left on the Y_1 side with the initial weight of the thinned stock (x — y)w, plus M, and on the other side with the initial weight of the unthinned stock, xw; xw also cancels out, and it follows that $Y_1 \gtreqless Y_2$ as the yield from the maintenance food of the y fish (growing from w to w + a in time t) is greater than, equal to, or less than the original weight of the y fish.

It should be noted that the maintenance food which would have been used by the y fish while growing from w to w + a in time t is not all available for the extra growth of the x — y fish, for the latter, growing to a larger size, will require more maintenance food in the given time t than an equivalent number growing to a weight

[1]) On the assumption that the ratio growth-food/growth is constant.

$w + a$[1]). This conclusion can be arrived at in another way. Let us call the total amount of food available in both cases F. Then a certain part of this, K, is required by the unthinned stock for maintenance, F — K being available for growth. The thinned stock require less for maintenance, say K — A. We have assumed that the thinned stock can and do utilise F — K for growth and produce the same total increment in weight as the unthinned stock. They have available also for growth the amount A. If the increment from A is equal to or greater than the initial weight of the fish eliminated, then the yield from the thinned stock will be equal to or greater than the yield from the unthinned stock. A is, of course, approximately equal to the maintenance food of the y fish eliminated. Obviously the process of compensation for initial loss takes time, and we may expect to find that the effect of thinning is a function of t, as will be shown in the next Section.

The difference between this and our first, more general formulation, is that we have assumed that the amount of food consumed is the same and that the thinned stock *can* utilise all the growth food of the unthinned stock to produce the increment xa, the same as in the unthinned stock. On this assumption Y_1 becomes

$$(x - y)\, w + xa = x\,(w + a) - yw.$$
$$= Y_2 - yw.$$

The thinned stock has still to make up yw to equal the yield of the unthinned stock (Y_2); the only food available for this purpose is an amount roughly equivalent to the maintenance rations of the y fish.

6. The provisional solution we have arrived at, that under certain conditions

$$Y_1 \gtrless Y_2$$
$$\text{as } M \gtrless yw$$

is not entirely satisfactory, for the reason that no definite value can be assigned to M; we know only that it is (probably) less than the growth obtainable from the total maintenance rations of the y fish.

A more generalised solution of the problem is, however, possible.

Returning to our basic formulation, which is:-

With thinning, x fish of average weight w yield x — y fish of average weight $w + a + i$ in time t ..... Y_1

Without thinning, x fish of average weight w yield x fish of average weight $w + a$ in time t ..... Y_2

let us make the following definitions and assumptions:-

(1) t is reckoned in days.
(2) Rate of growth is uniform throughout t.
(3) The thinning out of the y fish takes place at the beginning of time t.
(4) The total amount of food consumed is the same in both cases.
(5) The maintenance ratio (maintenance food per day/body weight) is a constant (α).
(6) The food-growth ratio (growth-food/growth) is a constant (β).

It should be borne in mind that (5) and (6) are probably true only over a comparatively short range of size; there is implied also a certain restriction on the value of y relative to x, arising out of assumption (4).

For the working out of the problem in this restricted formulation of it I am indebted to the mathematician Dr. T. Stuart, whose solution is given in full in Appendix A (pp. 12—13). It is unnecessary here to recapitulate the steps of the proof, which is clear and convincing; we can safely accept the conclusion, which is that, *under the conditions laid down,*

$$Y_1 \gtrless Y_2$$
$$\text{as } t \gtrless 1 + \frac{2\beta}{\alpha}$$

Before going on to substitute actual values in this formula, it will be well to emphasise the fact that we are dealing with a case which is specially favourable to the thinned stock. We have assumed that the thinned stock can utilise all the growth-food of the unthinned stock; we have assumed also that they can utilise for maintenance *and growth* that part of the total food which is utilised by the unthinned stock solely for maintenance. In actual practice it is unlikely that all the food "released" by thinning would be available for consumption by the thinned stock; nor is it the case in practice that the thinning is done at the beginning of time t, but progressively more towards the end of the period. If we can evaluate the time required under these specially favourable conditions for the yield from the thinned stock to compensate for its initial handicap due to elimination of producing units, we shall be in a position to judge whether, under actual conditions, which are by no means so favourable to the thinned stock, the destruction of undersized fish by the trawl is prejudicial to the stock or not.

7. It is an extraordinary fact that we have very little information as to the amount of food required by any marine fish for maintenance purposes, or as to the relation between growth-food and growth. Yet such information is, as we have seen, of basic importance for the solution of the practical problems of the protection and regulation of our fisheries. Realising the need for this information, the English Fishery Department enlisted the help of the Marine Biological Association of the United Kingdom some years ago, and drew up a plan for the investigation of growth and maintenance in young plaice. The work was carried out by Mr. Ben Dawes, and full reports

[1]) This may not be strictly true, if maintenance ratio decreases with size (see p. 5).

are now available, to which the reader may be referred for details of the methods employed and the results obtained[1]). Here it need only be said that every effort was made to keep the fish in as natural conditions as possible. Experiments in aquarium tanks were ruled out from the beginning; a small inlet of the sea at Cawsand, near Plymouth, was partially cut off by a specially constructed wall, and the fish were kept in large boxes floating in the partly protected waters of the inlet. Even so, the conditions were obviously not completely natural, but the fish for the most part remained healthy and throve. Parallel experiments were carried out by Mr. H. Lees in the Ministry's mussel purification tanks at Lympstone, Devon, and provided a useful comparison with the Cawsand results.

In both sets of experiments a successful attempt was made to determine the maintenance rations of plaice of various sizes, by so adjusting the amount of food that the fish remained stationary in weight. The ratio of growth-food to growth was also determined on other fish by giving them maximum rations, i. e. as much as they would eat under the experimental conditions. A surplus of food usually remained uneaten. Some experiments were also carried out with intermediate rations. As was to be expected in pioneer work of this kind, many difficulties were encountered, and there was also considerable variability in the results. Nevertheless, it is possible to derive from them a general value for the maintenance ratio which is reasonably accurate, and certainly gives a clear idea of the order of magnitude of this ratio. The best and most consistent results in this connection were obtained with fish, both male and female, in their third season of growth, over a range of size from about 12 cm. to 24 cm. and a weight of from 17 gms. to 130 gms. There is some evidence that over this range of size the maintenance ratio decreases with increase of size, from 0.022 of body-weight per day to 0.011. In summing up his conclusions Mr. Dawes writes "it is possible to conclude, and with much faith in the accuracy of the conclusion, that about the commencement of the third season of growth a male plaice requires approximately 0.022 body-weight, or the first 0.4 gm. of its daily ration, to satisfy basal requirements and maintain its weight constant, and that towards the end of this season 0.011 body-weight, or the first 1.4 gm. of the daily ration for this purpose" (p. 904). The food used was the flesh of *Mytilus*. Practically the same values were obtained for females over the same range of size. In winter the ratio falls to $^2/_3$ or $^1/_2$ of the normal.

With regard to the relation of growth-food to growth, the results are more variable, and there is some evidence that fish given an intermediate ration utilise the food more efficiently than those supplied with as much as they will eat.

The best results were obtained from three rapidly growing fish used in the experiments of 1929, one male and two females. These grew from a length of 12 or 13 cm. in June to about 21 cm. in November, the weights increasing from an average of 24 gms. to approximately 105 gms. in the period of 177 days. The maintenance requirements of these fish at increasing lengths were estimated from the known values of the maintenance ratio, and the amount of food utilised for growth was thus determined. Summarising the results, Mr. Dawes writes — "The general conclusions afforded by these estimates are uniform for males and females alike. Of the total food taken during the growth season, approximately 25 per cent. is used for maintenance. Of the remainder which is available for the promotion of growth, on the average for the season and expressed in round numbers, each 5 gm. produces 1.0 gm. increase in weight of the fish, although for shorter periods 4 gm., or even slightly less, may produce such an increase" (p. 914).

We have then, from Dawes' work, the following values —

(a) for the maintenance ratio (α) 0.022 to 0.011, (Mean: 0.0165)

(b) for the growth ratio (β) 5.

These ratios relate to plaice growing from about 12 cm. to 21 cm.

Let us apply these values to our formula

$$Y_1 >=< Y_2$$
$$\text{as } t >=< 1 + \frac{2\beta}{\alpha}$$

A certain difficulty arises because of the apparent fall in the value of the maintenance ratio with increase in size of the fish. Let us take, however, the mean value of α, for this purpose. We get the result —

$$Y_1 >=< Y_2$$
$$\text{as } t >=< 1 + \frac{2 \times 5}{0.0165}$$
$$\text{as } t >=< 600 \text{ days approximately.}$$

That is to say, in the case considered, the thinned stock will not achieve equality with the unthinned stock in less than 600 growing days. Thus if we start with a population of plaice of 12—13 cm. at the beginning of a growing season, and eliminate some to start with, leaving, however, sufficient to eat up all the food which the unthinned stock would consume, we should find at the end of the growing season (say 200 days at the outside) that the weight of the thinned stock was less than

---

[1]) Ben Dawes — Growth and Maintenance in the plaice *(Pleuronectes platessa L.)* Part I. Journ. Mar. Biol. Assoc. U. K., XVII, 103—74, 1930. Part II. Ibid., XVII, 877—947, 1931.

Ben Dawes — A Statistical Study of Growth and Maintenance in the Plaice *(Pleuronectes platessa L)* Ibid., XVII, 949—75, 1931.

the weight of the unthinned stock — that thinning had been detrimental to the stock.

8. If thinning has taken place, not at the beginning of the period only, but throughout the period, the case is even less favourable to the thinned stock, for the direct loss due to thinning will be much greater than yw, and the amount of food made available for the survivors will be correspondingly decreased.

This is, of course, what happens in the actual process of the destruction of undersized fish by trawling; and not only is the elimination of these fish going on all the time, from the moment they become liable to capture till they reach marketable size, but the rate of elimination is accelerated as they approach the size of total capture by the trawl. (Mesh experiments clearly show that for any given codend mesh the percentage caught increases with the size of the fish, till above a certain size all the fish entering the codend are retained — this size is the "size of total capture").

9. The following data show clearly the acceleration of capture. They are derived from measurements of rejected plaice and haddock made on commercial trawlers in 1927 by the Ministry's fish measurers. The numbers on which the figures are based are 8,325 plaice and 31,722 haddock; samples of less than 100 fish measured are not included.

Table I.

LENGTH FREQUENCIES OF REJECTED PLAICE AND HADDOCK, 1927.

Length cm.	Number per Mille Plaice	Haddock
12	1	—
13	9	0
14	23	1
15	21	2
16	32	5
17	39	6
18	56	11
19	82	22
20	120	50
21	150	86
22	174	148
23	147	183
24	103	193
25	37	136
26	4	87
27	—	46
28	—	17
29	—	6
30	—	1

From this Table it would appear that the minimum size at which plaice were *consistently* marketable was in 1927 approximately 25 cm; the corresponding figure for haddock was about 26 cm.

It is also clear that according to these data the bulk of the destruction is of fish within 5 cm. of attaining these sizes. Thus the percentage of plaice between 20 cm. and 25 cm. in the total rejected is 69.4; the percentage of rejected haddock between 21 cm. and 26 cm. is 74.6.

Too much stress must not be laid on the exact percentages shown. It is probable, in the case of the haddock, judging by one's own experiences of trawling experiments, that the smallest sizes, belonging to the 0-group, are not fully represented in the samples measured. It is also possible that the percentages might vary somewhat from year to year according as the upgrowing brood was poor in quantity or abundant. For comparison data are given below (Table II) relating to haddock rejected on board steam trawlers working from North Shields in the early months of 1930.

Table II.

LENGTH FREQUENCIES OF REJECTED HADDOCK, 1930. (North Shields Vessels).

Total measured 3361.
Rectangles C10; D10, 11, 12; E11; F14; G13; H12.
Months Jan., Feb., May.

Length cm.	No. per mille
17	1
18	5
19	10
20	36
21	96
22	275
23	290
24	221
25	58
26	8
27	2

The distribution is more concentrated round the mode at 23 cm.; very few fish above 26 cm. are rejected; the commercial limit appears to be somewhat lower; the percentage between 21 cm. and 26 cm. is 94.0, much higher than in Table I. These differences do not however affect our general argument.

10. Let us take first the haddock, where the data as to growth rate permit of an unequivocal answer to the question: Is the destruction of undersized haddock prejudicial to the stock?

According to Dr. Harold Thompson[1] the average size for age of North Sea haddock of the western or intermediate type (w) is as follows:

	0	I	II
April	—	16.9	26.3
October	14.8	25.3	30.3

[1]) Rapp. Proc. Verb. LII, 1928, p. 75.

The North Sea haddock then grows on the average from about 17 cm. in April to between 25 and 26 cm. in October; growth in the winter months is very slow.

This range, 17—25 cm., covers 83.5 % of the rejected fish shown in Table I above.

If the values of the ratios α and β are anything like the same for haddock of this size as they are for the plaice studied by D a w e s, then thinning *at a size of 17 cm.* must be definitely harmful to the stock, for t is in this case 214 days and therefore very much less than the time (607 days) required for compensatory growth (by formula on p. 5). If thinning at a size of 17 cm. is harmful, then thinning at 18 cm. and greater sizes is *à fortiori* more harmful; therefore the conclusion is thoroughly justified that the present destruction of undersized haddock is definitely prejudicial to the yield. Small quantities of the 0-group from about 13 cm. upwards are also destroyed; the effect of this is probably harmful, but the magnitude of the effect is in any case small.

We have no information as to the value of α and β for haddock, but until evidence to the contrary is forthcoming we may assume that they are of the same order as those for plaice.

11. Equivalent data for the growth of the plaice in the Southern North Sea are more difficult to obtain, on account of the variation in growth rate in different areas and in different years. I am indebted to Miss T h u r s b y P e l h a m for the following unpublished figures relating to the plaice landed at Lowestoft (mainly from S. of Lt. 54° N) in 1930.

	II	III	IV
April	19.9	23.7	26.4
October	23.2	25.3	27.5

It will be noticed that the rate of growth is very slow as compared with the haddock. A plaice of 20 cm. will take about 18 months to reach the full marketable size of 25 cm. If we apply our criterion to this period[1]) (547 days) it appears that thinning of plaice *at this size* is detrimental to the supply of plaice of 25 cm. It follows that the thinning of plaice at greater sizes, e. g. between 20 cm. and 25 cm. is more detrimental, and the general conclusion seems justified that the thinning out of plaice of the II and III year groups, as it takes place at present in the trawl fishery in the Southern North Sea, is definitely prejudicial to the yield. Whether the thinning out of the 0 and I group is detrimental or not is very difficult to say, but it seems clear that the effect of the small amount of thinning out of the I year-group caused by trawling cannot be very great one way or the other.

It should be noted that the effect of *excessive* thinning at any size must be harmful, if not enough fish are left to consume the amount of food available. Our deductions above are all based on the assumption that both the thinned and the unthinned stocks consume the same total quantity of food. If, through the action of competition, the thinned stock gets less to eat than the unthinned stock, thinning can only do harm.

12. From the considerations advanced above we may draw the following conclusions. It is quite clear that destruction of undersized fish within about two years of reaching the commercial minimum size definitely depresses the yield, for the survivors even under favourable conditions cannot compensate for the loss before they reach this size. Thinning of fish some considerable time before commercial size is reached may do little or no harm, for the survivors may be able to make up the loss; it may conceivably even do good. Without further knowledge of the values of the maintenance ratio, and the food growth ratio for various species at all stages of their existence up to commercial size, it is impossible to decide exactly at what decreasing size thinning ceases to be harmful. In the case of a rapidly growing fish like the haddock there is, however, no doubt that the present destruction caused by trawling, falling mainly in the I group, is prejudicial to the yield, and should be stopped.

In the case of a slow growing species like the plaice in the North Sea, it is reasonably certain that thinning is prejudicial if carried out two years before commercial size is reached, and it is quite certain that it becomes progressively more harmful as the commercial size is approached.

13. It is of some considerable interest to enquire what is the extent of the destruction of undersized fish caused by steam trawling in the North Sea. Obviously it is impossible to give an accurate estimate of this. The commercial minimum is a somewhat fluctuating value; it can never be rigidly determined; it varies according to demand, and according to abundance or scarcity of supply. The quantity of fish discarded at sea must obviously depend upon the magnitude of the young stock, being much greater when a good year class comes within the action of the trawl. There may also be a further discarding of small fish at the ports of landing (see Table VIII). Much depends too upon the actual size of the codend meshes in use.

The work of the fish measurers employed by the English Ministry gives us some valuable information as to the quantities of small fish discarded at sea. I am indebted to my former colleague Mr. J. O. B o r l e y, for the following Note on this subject, prepared in 1927[1]).

[1]) We disregard the complications arising from the fact that growth is minimal in winter; this point requires mathematical analysis.

[1]) See also Miss T h u r s b y P e l h a m "Report on English Plaice Investigations 1924 and 1925". Fishery Investigations, Series II, Vol. X, No. 3, 1927, pp. 25—28.

Table III.

PLAICE REJECTED (RECTANGLE G 4).

Month	Estimated Total Catch cwt.	Actual Landings cwt.	Estimated Total Rejected cwt.	Estimated Total Number (in thousands) Caught	Landed	Rejected
March (1925).....	1734 ½	1573	161 ½	463	334	129
April „	633	602	31	160	135	25
May „	589 ¾	530	59 ¾	145	97	48
June „	977 ¼	893	84 ¼	244	177	67
July „	735 ¾	699	36 ¾	206	177	29
August „	1222 ½	1164	58 ½	308	261	47
September „	1399	1353	46	255	218	37
October „	1259 ¾	1252	7 ¾	201	195	6
November „	912 ½	898	14 ½	138	126	12
December „	628 ½	619	9 ½	77	69	8
January (1926).....	1047 ½	1016	31 ½	173	148	25
February „	3478 ¾	3410	68 ¾	672	617	55
Total	14618 ¾	14009	609 ¾	3042	2554	488

"The quantity of any species which is discarded and the proportion this bears to the total catch naturally varies greatly in accordance with the prevailing condition of the stock. Thus after the war, when the proportion of the fish of a large size was high, rejection was low, and as the size of the stock has decreased in subsequent years the proportion of fish discarded has risen. Between March 1919 and February 1920, for instance, the Ministry's fish measurers only recorded plaice as being rejected on two occasions. In the year 1922—23 there were 19 cases of rejection and in the following year 83 cases. Since that date rejection of plaice has become general over the greater part of the plaice area of the North Sea and on the small plaice grounds the rejected fish have on occasion constituted the great majority of the catch. The growth of plaice being slow, and the population on the small plaice grounds particularly dense, this species furnishes a good though rather an extreme instance of rejection, and it may be well to add some details concerning it.

"The size at which plaice are at present (1927) rejected is generally 23 cms. or about 9 inches. During the year March 1925 to February 1926 nearly every haul examined by the fish measurers included a certain proportion of rejected plaice. In a rectangular area (G4 of the statistical records) of about 1,400 square miles extent it may be deduced from the measurers' records that the total operations of the British steam trawlers resulted in the capture, landing and rejection of plaice in the quantities shown by the above Table. It will be seen that the number rejected varies very greatly with season.

Table IV.

FISH REJECTED (SOUTHERN HALF OF NORTH SEA).

Month	Cod Retained	Cod Rejected	Haddock Retained	Haddock Rejected	Plaice Retained	Plaice Rejected
	Cwts.		Cwts.		Cwts.	
June 1925.....	146	13	516	172	521	66
July „	222	7	392	164	495	27
August „	162	4	821	126	614	45
September „	300	12	998	134	492	39
October „	111	8	607	87	410	23
November „	73	5	649	157	481	17
December „	80	5	704	43	176	3
January 1926.....	190	3	550	15	324	8
February „	120	1	193	3	493	8
March „	211	3	250	58	409	9
April „	92	3	352	65	276	8
May „	139	3	535	37	143	7
Total	1846	67	6567	1061	4834	260

"G4 is not typically a 'small plaice' ground, and skippers have reported occasions on these grounds on which the bulk of the catch was shovelled overboard, men standing at the scuppers to take out a few marketable plaice which were among the smaller fish. Notwithstanding the small profit from the catch of plaice which would result from such a haul, trawling of this kind continues owing to the search for other species, which at certain seasons are found among them.

"In regard to rejections from British Steam trawlers in the North Sea as a whole, it may be deduced from the operations of the measurers that in the hauls they witnessed the quantities were as in Table IV. From this it will be seen that about 4 % of the Cod (3.6 %), 17 % of the Haddock (16.6 %) and 5 % of the plaice by weight were rejected.

"It will of course be realised that the number of small fish making up a given weight is far greater than the number for the same weight of large, and the damage to the stock thus is greater than the weight figures would indicate. The grounds frequented by the measurers lie between 56°N and the Straits of Dover and cover most of the area except the grounds lying immediately westward of the Dutch and German coast, and for this reason while they fairly represent English steam trawling do nothing to exaggerate the quantity of small flat fish uselessly destroyed".

In Table V an attempt has been made to estimate, on the basis of the Haul Records supplied by the Fish measurers, the total weight and numbers of Plaice rejected in the North Sea. Section A of this Table gives (in baskets) the actual catches and landings of which records were made, together with the amounts rejected. In Section B these figures have been raised, to the total landings, and the total amount of rejected plaice calculated both in weight and in numbers by means of certain conversion factors.

Table V. Plaice.

A. Total Quantities, retained, and rejected shown on Haul Records, by Fish-measurers in 1926—1930. North Sea, omitting "Fleeter" records.

Year	Total Catch Baskets	Retained Baskets	Rejected Baskets	Percentage of Total Rejected
1926	5,470	5,304	166	3.0
1927	6,708	6,442	266	4.0
1928	6,014	5,692	322	5.3
1929	6,651	6,457	194	2.9
1930	5,728	5,530	198	3.5
Total ...	30,571	29,425	1,146	3.7

B. Total Landings from North Sea by 1st Class Steam Trawlers and Total Rejected in North Sea, by weight and number.

Year	Landings[1])	Rejected[2])	Landings[3]) (Number)	Rejected[4]) (Number)
	cwt.	cwt.	000's omitted	000's omitted
1926	278,773	8,725	50,179	5,820
1927	338,925	13,995	61,007	9,330
1928	333,834	18,885	60,090	12,590
1929	350,294	10,525	63,053	7,020
1930	334,664	11,983	60,240	7,990
Average .	327,298	12,823	58,914	8,550

The accuracy of the results depends of course on the correctness of the original estimates in baskets, on the adequacy of distribution of the sampling in space and time, and upon the accuracy of the conversion factors. The area in which the great bulk of the records were made is shown in Figure 1.

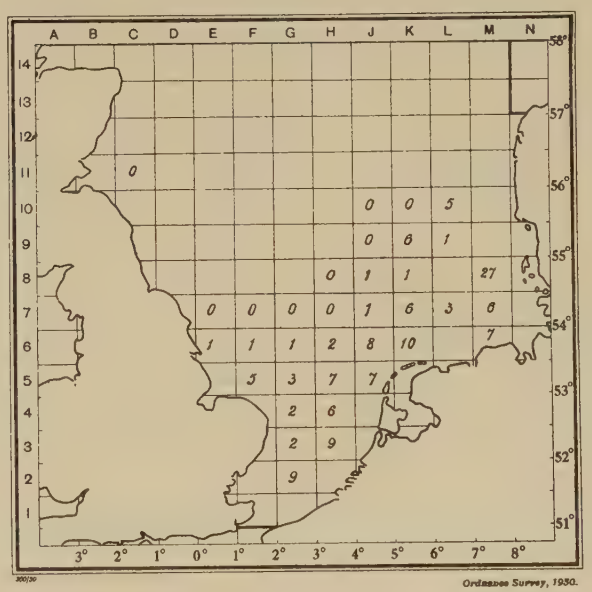

Fig. 1. Plaice. Average percentage rejected (by weight) in the year 1926—30. Figures are only shown for rectangles in which catches of over 10 baskets were shown by the Fish-measurers on their Haul Records in at least 3 out of the 5 years.

The figure of 3.7 per cent. for the whole North Sea given in Table V is, however, based on all haul records from the North Sea during the 5 years.

---

[1]) From M. A. F. Sea Fisheries Statistical Tables.

[2]) Calculated from Landings in proportion of — rejected: retained in Table V. A.

[3]) Conversion used — 1 fish = 10 oz., i. e. 180 fish per cwt.

[4]) Conversion used — ¾ cwt. = 1 basket = 500 fish.

If the figures given in Table V may be accepted as reasonably accurate[1]) then some 8½ million small plaice are destroyed annually in the North Sea by English steam trawlers, or roughly one undersized fish for every seven retained.

Comparable figures for Haddock are given in Table VI, but owing to insufficient information it has not been considered advisable to estimate the total number landed.

Table VI. Haddock.

A. Total Quantities, Retained, and Rejected shewn on Haul Records, 1926—30. North Sea, omitting "Fleeter" records.

Year	Total Catch Baskets	Retained Baskets	Rejected Baskets	Percentage of Rejected Total
1926	10,273	9,393	880	8.6
1927	13,542	12,389	1,153	8.5
1928	10,905	10,306	599	5.5
1929	7,317	6,529	788	10.8
1930	9,237	8,400	837	9.1
Total	51,274	47,017	4,257	8.3

B. Total Landings from North Sea by 1st Class Steam Trawlers, and Total Rejected in North Sea, by weight and numbers.

Year	Landings[2]) cwt.	Rejected[3]) cwt.	Rejected[4] (Numbers) 000's omitted
1926	1,092,986	102,398	43,690
1927	963,691	89,687	38,270
1928	929,891	54,047	23,060
1929	867,859	104,744	44,690
1930	1,022,162	101,851	43,460
Average .	975,318	90,545	38,630

In any case, the sampling, which was mainly dependent on North Shields vessels, is known to be inadequate in geographical range, so that no great reliance can be placed on the correctness of the figures.

More accurate results, valid however only for the area (mainly to N. and N.E. of the port) covered by North Shields trawlers, are given in Table VII, from which it may be seen that nearly 4 million undersized haddock are destroyed annually by steam trawlers operating from this port alone, or one for every six retained.

[1]) There is, however, reason to believe that the quantities are underestimated, owing to the smallest fish being disregarded by the measurers.

[2]) From M. A. F. Sea Fisheries Statistical Tables.

[3]) Calculated from Landings in proportion of rejected: retained in Table VI A.

[4]) Conversion used — ¾ cwt. = 1 basket = 320 fish.

Table VII. Haddock.

NORTH SHIELDS.

TOTAL LANDINGS AND TOTAL REJECTED, BY WEIGHT AND NUMBER.

Year	Landings Weight cwt.	Rejected Weight cwt.	Landings Number 000 omitted	Rejected Number 000 omitted
1926	121,123	9,569	24,220	4,080
1927	124,208	9,812	24,840	4,190
1928	116,576	9,211	23,320	3,930
1929	103,092	8,144	20,620	3,480
1930	111,969	8,846	22,390	3,770
Average .	115,394	9,116	23,080	3,890

I am indebted to Mr. C. N. Hooper, Clerk of the Fishmongers' Company, London, for some interesting information as to the quantities of "immature", i. e. undersized fish, rejected on Billingsgate Market as unsaleable. The data will be found in Table VIII. The fish surrendered are described as "mainly small haddocks and whiting, with occasional packages of codling, small plaice, dabs and witches". It will be seen that not inconsiderable quantities, amounting to some 4 % of the landings from the fleets, are disposed of as unsalesable for human consumption. At other ports also, fish are landed from time to time which are too small to fetch a price as human food.

14. So far we have kept strictly to the subject matter of our discussion, namely, the effect on the stock of the destruction of undersized fish by trawling. This is, however, only one aspect, albeit the most important one, of the general question of thinning. A few remarks on the general aspects of the question may perhaps be permitted.

We know that thinning is actually taking place on an enormous scale (1) on eggs, larvae and very young fish, through the action of natural conditions, (2) on fish of commercial size through the action of man. Both these processes are, up to a point, beneficial to the stock, though the destruction so caused may become excessive and harmful (negative fluctuations, over-intense fishing). When we come to the destruction of undersized fish which is incidental to most fishing operations we have seen that other considerations arise. It is clearly uneconomical to destroy fish which will in a short time become of commercial value; they have used up a certain amount of food which will be almost entirely wasted if they are thrown back dead into the sea. As Professor Gilson has pointed out[1]), we are also, by destroying small fish, reducing the amount of food available for the larger species which prey upon them. (This may or may not be a good thing).

The destruction of small fish some years before

[1]) Rapp. Proc. Verb. LI. 1928.

Table VIII.

Monthly landings at Billingsgate during 1928, 1929, 1930 and 1931, and percentages of undersized fish surrendered to Fishmongers' Company.

Year and Month		Total Landings cwts.	Surrendered cwts.	Percentage surrendered
1928	Jan.	24,372	Nil	Nil
	Feb.	26,889	1,020	3.8
	Mar.	27,447	435	1.6
	Apr.	27,665	543	2.0
	May	30,957	1,168	3.8
	June	29,691	1,522	5.1
	July	35,868	2,384	6.6
	Aug.	42,652	2,872	6.7
	Sept.	41,698	2,847	6.8
	Oct.	37,989	1,607	4.2
	Nov.	27,951	344	1.2
	Dec.	25.186	466	1.9
Total for Year		**378,365**	**15,208**	**4.0**
1929	Jan.	35,239	621	1.8
	Feb.	21,062	18	0.1
	Mar.	32,909	665	2.0
	Apr.	32,948	470	1.4
	May	30,641	294	1.0
	June	26,924	519	1.9
	July	30,098	1,568	5.2
	Aug.	32,139	2,421	7.5
	Sept.	29,826	1,700	5.7
	Oct.	36,317	2,764	7.6
	Nov.	34,786	625	1.8
	Dec.	25,302	494	2.0
Total for Year		**368,191**	**12,159**	**3.3**
1930	Jan	31,414	255	0.8
	Feb.	26,518	280	1.1
	Mar.	28,886	1,291	4.5
	Apr.	24,153	834	3.5
	May	26,711	1,302	4.9
	June	28,521	2,290	8.0
	July	34,356	2,449	7.1
	Aug.	32,718	2,070	6.3
	Sept.	37,093	2,048	5.5
	Oct.	36,308	1,691	4.7
	Nov.	23,707	297	1.3
	Dec.	29,265	1,273	4.3
Total for Year		**359,650**	**16,080**	**4.5**
1931	Jan.	15,472	166	1.1
	Feb.	14,894	127	0.9
	Mar.	16,625	236	1.4
	Apr.	18,031	497	2.8
	May	22,985	696	3.0
	June	25,301	1,716	6.8
	July	26,345	1,657	6.3
	Aug.	28,460	1,841	6.5
	Sept.	28,308	1,808	6.4
	Oct.	28,852	1,379	4.8
	Nov.	18,526	214	1.2
	Dec.	16,499	346	2.1
Total for Year		**260,298**	**10,683**	**4.1**

they reach commercial size is of less importance, for the survivors may be able to compensate for the loss. The onus of proof that thinning in any particular case is harmless or even beneficial to the yield must, however, rest on those who hold the "thinning theory".

Let us look at the question from the point of view of available food. It is clear that the maximum yield from any given quantity of food (assumed to be available throughout the period considered) would be obtained if the stocks of fish could be so adjusted that the maximum rate of growth were steadily maintained, while all the food was consumed, for under these conditions the ratio of growth-food to maintenance food would be at a maximum. Thus the plaice stock in the southern North Sea, which shows a rate of growth well under the maximum, is not producing its maximum yield — there are too many of them and too great a proportion of the available food is being used for maintenance. On the other hand, it seems probable that the plaice stock in the Kattegat, though exhibiting maximum growth, is not producing the greatest possible yield, because the numbers are too few to utilise all the food available[1]). Thinning has here overshot the mark.

Should we then advocate a thinning out of the very young plaice stock in the North Sea? Theoretically, yes, but in practice, no! In the first place, the thinning process would have to be applied to the earliest bottom stages, to fish of the 0-group, in direct continuation of Nature's elimination of eggs and larvae. In the second place, we should be dealing with quantities which vary greatly from season to season and from year to year. It is known that the amount of young brood settling down each year is subject to considerable fluctuations; it is known that the amount of food available (as well as the abundance of the competing species) also fluctuates. He would be a bold man who, bearing in mind these fluctuations (which can neither be foreseen nor controlled), would advocate an organised campaign, entailing considerable expense, for the purpose of thinning out the 0-group of plaice along the Continental littoral.

While, therefore, agreeing to the general proposition that a fast-growing stock (provided they are numerous enough to utilise all the food) is more profitable than a slow-growing stock, we must keep practical possibilities steadily in view.

It should not be overlooked that there is a certain advantage in having a slow-growing stock, for there is then an accumulation or "head" of young fish of several year groups available for capture, and this head of fish tends to damp down the effect of fluctuations[2]). In a fast growing fish like

[1]) H. Blegvad — Rep. Danish Biol. Stat. XXXVI, 1930.

[2]) See F. M. Davis — Journal du Conseil, IV. 1929. p. 288.

the haddock, which begins to come into the markets before it is two years old, a plus or minus fluctuation in the supply of young brood has a very direct and striking effect upon the fishery, which would be minimised or partially smoothed out if the fish reaching or approaching catchable size consisted of two or more overlapping year-groups, as in the plaice. The recent work of Jensen [1]) appears to show that the protection afforded to the plaice by the Danish size-limit has had its effect in increasing the stock of fish under this size, and thus making it possible for the Danish fleet to increase considerably its catch of marketable fish.

We have spoken hitherto as if protection of fish under the commercial minimum size is all that we need aim at. This should no doubt be our proximate aim, but it should not be forgotten that the commercial minimum is not necessarily the optimum size at which to begin capture. It is quite possible that greater yields might be obtained by raising the minimum size of capture to something above the present commercial minimum. This is, however, a question which requires much further study and mathematical treatment, and we need not pursue its discussion at this stage.

15. In this paper I have attempted to provide a mathematical solution of the thinning problem as it affects fish of less than the commercial minimum size. I am fully conscious that the solution proposed is open to discussion and criticism, and that the question requires a fuller and more adequate mathematical treatment than I have been able to give it. But one thing does seem clear, that the problem cannot be satisfactorily treated except by taking into account maintenance food and growth food, and especially the maintenance ratio and the food-growth ratio. The work of Dawes has given us approximate values for these ratios for plaice of a certain size, living under certain conditions, which are, it is true, not entirely natural. It is an urgent requirement, for the satisfactory solution of the general problem of the regulation of the fisheries, that further data be obtained as to the value, at different sizes and in different conditions of feeding, of the maintenance ratio and the food-growth ratio, in all the chief fish of commercial importance.

In the preparation of this paper I have received much helpful criticism from my colleagues particularly Mr. Edser, whose assistance is gratefully acknowledged.

[1]) Aa. J. C. Jensen — Investigations of the Plaice Stock in the Southern Horns Reef Area in the Years 1928—30. Meddelelser fra Komm. for Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser, Ser. Fiskeri Bd. IX. No. 2, 1931.

Appendix A.

Dr. Stuart's Solution (see p. 4).

1. We must first determine exactly the amount of food consumed by each fish in time t, from the data given.

Let $F_{m,r}$ denote the maintenance food consumed by one fish on the r'th day from the day when its weight was w, and let $F_{g,r}$ denote the growth food consumed by one fish on the r'th day.

Then since body weight on the r'th day $= w + \left(\frac{a}{t}\right) r$ when $w + a$ is the final weight, we have by the data —

$$\frac{F_{m,r}}{\text{Body weight at r'th day}} = \text{constant} = \alpha$$

$$\therefore F_{m,r} = \alpha\left[w + \left(\frac{a}{t}\right) r\right] = \alpha\, w + \frac{a\,\alpha}{t} \cdot r$$

and

$$\frac{F_{g,r}}{\text{increase in body weight at r'th day}} = \text{constant} = \beta$$

$$\therefore \quad F_{g,r} = \beta\left(\frac{a}{t}\right)$$

since increase in body weight on r'th day

$$= \left[w + \frac{a}{t} \cdot \overline{r+1}\right] - \left[w + \frac{a}{t} \cdot r\right]$$

$$\equiv \left(\frac{a}{t}\right)$$

Since the total food consumed by one fish for maintenance and growth on the r'th day

$$= \alpha\, w + \frac{a\,\alpha}{t} \cdot r + \beta \cdot \frac{a}{t}$$

$$= \left(\alpha\, w + \frac{a\,\beta}{t}\right) + \frac{a\,\alpha}{t} \cdot r$$

by putting $r = 1, 2, 3 \ldots\ldots t$ in succession and adding, we see that the total amount of food one fish consumes in t days is F_t (say)

$$\text{where } F_t = \left(\alpha\, w + \frac{a\,\beta}{t}\right) t + \frac{a\,\alpha}{t}\,(1 + 2 + 3 + \ldots + t)$$

$$= \alpha\, w\, t + a\,\beta + \frac{a\,\alpha}{t} \cdot \frac{t\,(t+1)}{2}$$

$$= \alpha\, w\, t + a\,\beta + \frac{a\,(t+1)\,\alpha}{2}$$

$$= \alpha\, w\, t + a\,\beta + \frac{a\,\alpha\, t}{2} + \frac{a\,\alpha}{2}$$

$$= \left(w + \frac{a}{2}\right)\alpha\, t + a\left(\beta + \frac{\alpha}{2}\right) \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(A)}$$

2. In Case (1), with thinning, x fish of average weight w yield $(x - y)$ fish of average weigh $(w + a + i)$ in time t; let us call this yield Y_1

In Case (2), without thinning, x fish of average weight w yield x fish of average weight (w + a) in time t; let us call this yield Y_2.

We have to find the condition (or conditions) under which Y_1 is greater than, equal to, or less than, Y_2, under the assumption that the weight of food available is the same in both Cases.

By equation A above, each fish in Case (1) consumes a total amount of food —

$$\left(w + \frac{a+i}{2}\right) \alpha\, t + \left(a + i\right) \left(\beta + \frac{\alpha}{2}\right)$$

and each fish in Case (2) consumes an amount —

$$\left(w + \frac{a}{2}\right) \alpha\, t + a \left(\beta + \frac{\alpha}{2}\right)$$

Hence, since the total amount consumed is the same in both Cases, we have —

$$(x - y)\left[\left(w + \frac{a+i}{2}\right)\alpha\, t + (a+i)\left(\beta + \frac{\alpha}{2}\right)\right] = x\left[\left(w + \frac{a}{2}\right)\alpha\, t + a\left(\beta + \frac{\alpha}{2}\right)\right]$$

it being assumed that the thinning is effected at the beginning of time t.

From this equation it can be deduced that

$$x\left[\frac{i\,\alpha\, t}{2} + i\left(\beta + \frac{\alpha}{2}\right)\right] = y\left[\left(w + \frac{a+i}{2}\right)\alpha\, t + (a+i)\left(\beta + \frac{\alpha}{2}\right)\right]$$

and hence that

$$y = \frac{x\, i \left(\frac{\alpha\, t}{2} + \beta + \frac{\alpha}{2}\right)}{\left(w + \frac{a+i}{2}\right) \alpha\, t + (a+i)\left(\beta + \frac{\alpha}{2}\right)} = \frac{x\, i\, (\alpha\, t + 2\,\beta + \alpha)}{(2\,w + a + i)\,\alpha\, t + (a+i)\,(2\,\beta + \alpha)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(B)}.$$

3. $Y_1 = (x - y)\ (w + a + i)$

$Y_2 = x\,(w + a)$

Y_1 is $>=<$ Y_2

as $xw + xa + xi - yw - ya - yi >=< xw + xa$

as $xi >=< y\,(w + a + i)$.

Using the value of y from equation B, we get

$Y_1 >=< Y_2$

as $x\, i >=<$

$$\frac{x\ i\ (\alpha\, t + 2\ \beta + \alpha)\ (w + a + i)}{(2\ w + a + i)\ \alpha\, t\ +\ (a + i)\ \ (2\ \beta + \alpha)}$$

as $(2\ w + a + i)\ \alpha\, t + (a + i)\ \ (2\ \beta + \alpha) >=< (\alpha\, t + 2\,\beta + \alpha)\,(w + a + i)$

as $-\text{«}-\ >=<\ (w + a + i)\ \alpha\, t + (w + a + i)\ \ (2\ \beta + \alpha)$

as $w\ \alpha\, t >=<\ w\ (2\ \beta + \alpha)$

as $\alpha\, t >=<\ 2\ \beta + \alpha$

as $t >=<\ 1 + \frac{2\ \beta}{\alpha}$

Hence Y_1 (yield from thinned stock) will be less than Y_2 (yield from un-thinned stock), unless t is equal to, or greater than, $1 + \frac{2\ \beta}{\alpha}$ in days.

IX

REMARKS ON THE FLUCTUATIONS IN NUMBER AND GROWTH IN MARINE POPULATIONS.

BY

JOHAN HJORT, OSLO.

THE small fish question is as old as the knowledge that the catches secured by North Sea trawlers very largely consist of undersized fish which, having been killed by the trawl, the fishermen throw back into the sea. International investigations carried on for many years have verified all the particulars and have furnished detailed descriptions of the main facts of this vital problem. Very naturally, too, suggestions and plans have been made for the discussion of methods by which „the enormous waste" might be eliminated. „Size-limits" for the fish landed, „close areas" for stocks mainly consisting of small fish, and „saving trawls" which would allow such fish to escape from the trawl, have been among the proposals put forward as a result of these deliberations. But up to the present these proposals have only aroused academic interest, partly because their realization has been found to involve many difficulties of a practical nature, and partly because the fishing industries — and therefore the governments — of the various countries concerned have been antagonistic to any limitation of their unrestricted freedom of action.

Of late, moreover, all the proposals mentioned above have been opposed on theoretical grounds. It is argued that the growth of North Sea fish is in inverse ratio to the number of fish — a state of things which, at any rate in the case of certain species, notably the plaice, is of such radical importance that it actually pays to exterminate large quantities of small fish. The assumption here is that the survivors are enabled to grow so vigorously that the catches secured by the fishermen are heavier than they would be if the numbers of living individuals were greater (the „thinning theory"). At least, it is urged, no drastic step should be taken until scientific research is able to calculate the probable ratios of number and growth in fish populations. This thinning is based on deductions from observations made during the great war, when mine fields and naval operations created a „close season" for fisheries, and the large plaice was apparently inferior in size to pre-war fish of the same kind.

The „thinning theory" is closely connected with old biological ideas and experience going right back to Malthus and Justus von Liebig, who showed by various examples that populations are dependent upon the „means of subsistence" afforded by nature, especially when the foodstuffs or chemical substances necessary for the evolution of life are present in such (minimum) quantities that the development of life is governed thereby. Modern marine biological research has shown a tendency to proceed on the tacit assumption that a population always utilizes the existing means of subsistence and that the population is therefore in proportion to these means of subsistence. On finding that a population has ceased to grow, efforts are made to discover the minimum substance which has been responsible for checking its growth.

The experience of the last twenty-five years has shown that the same waters will exhibit large fluctuations in the stock of fish and in the creatures upon which the fish live. In view of this it has been thought necessary to assume that an increase in number (n) is rendered possible by a reduction in the weight (w) of each individual, corresponding to a smaller share (a) of the available sum total of the means of subsistence (A), regarded as a constant quantity. This may be expressed in a simple mathematical formula as follows:

$$A = a_1 n_1 = a_2 n_2 \ldots \text{etc. or}$$
$$A = w_1 n_1 = w_2 n_2 \ldots \text{etc., in which}$$
$$w_1 = w_2 \cdot \frac{n_2}{n_1}$$

That this hypothesis cannot in any case be universally valid in nature is, however, abundantly clear from the data collected during the last twenty-five years regarding the magnitude of the fluctuations.

It has been found, for instance (Fig. 1), that the catches of herring and cod taken by fishermen in Norwegian waters varied to the extent of several hundred per cent. And the variation is even more striking in the case of fluctuations in the numbers of the different year-classes. Numerically, for example, the 1904 year-class of Norwegian

herrings was found to be more than 30 times larger than the 1902 year-class.

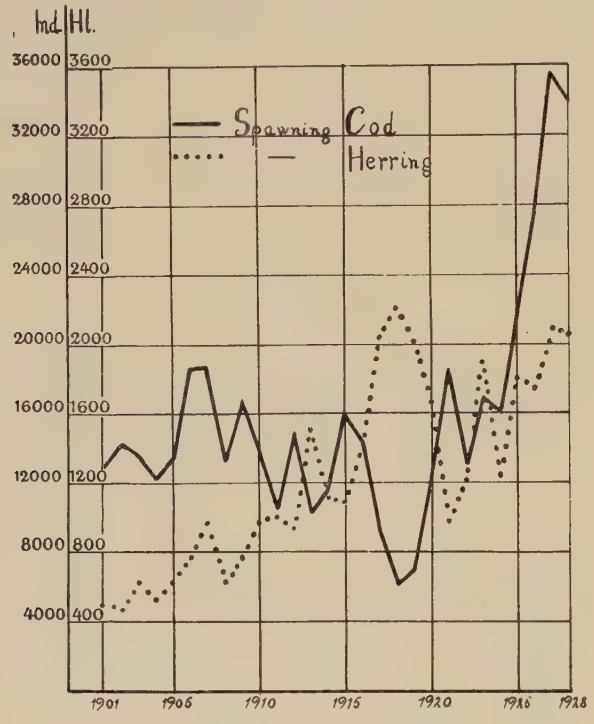

Fig. 1

In the paper I wrote in 1914 on these fluctuations I claimed that these data showed that generally accepted facts regarding human populations could not be applied without qualification to conditions in the ocean; that not only the numbers of fish (n) but the means of subsistence (A) were subject to fluctuations; that the value of the catch depended upon the number and age of one or more predominating year-classes; and that the quality — i. e. the size — did not, at any rate, depend directly upon the number of individuals but always upon specific conditions in the sea as well. From this I inferred that the problem of the variations in the year-classes must be studied not only in relation to supplies of nutriment but also in relation to fluctuating hydrographic factors. One striking proof of this contention is the variation in growth at different times of year, which must clearly be accepted as evidence that climatic conditions, rather than the means of subsistence, regulate the beginning and the termination of growth year by year (Fig. 2).

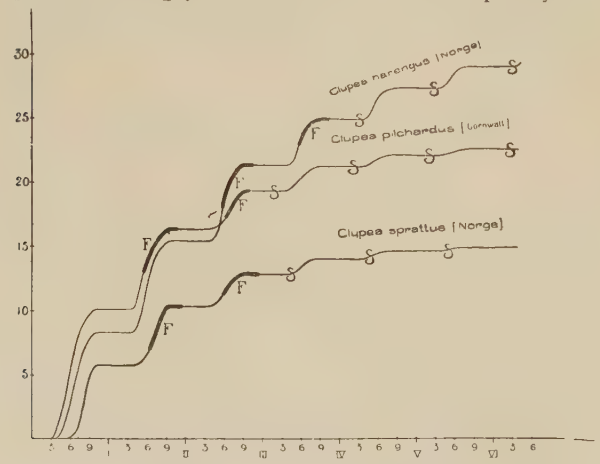

Fig. 2. Growth rate of herring, sprat and pilchard, F = ister stage. S = sprawning stage.

Experience has shown, however, that the variations occurring in the sea greatly differ in magnitude in different areas. The fluctuations in Norwegian waters prove to be especially great, which explains why they first attracted notice there. The most striking fluctuations in the stock of herrings are also found to take place in these waters. With a view, therefore, to the clarification of these questions I have worked out in collaboration with Mr. Per Ottestad, some examples illustrating the fact that the growth of the individual herring, in the cases studied hitherto, is independent of the number of individuals composing the stock.

Figure 3 shows the mean growth in length of a

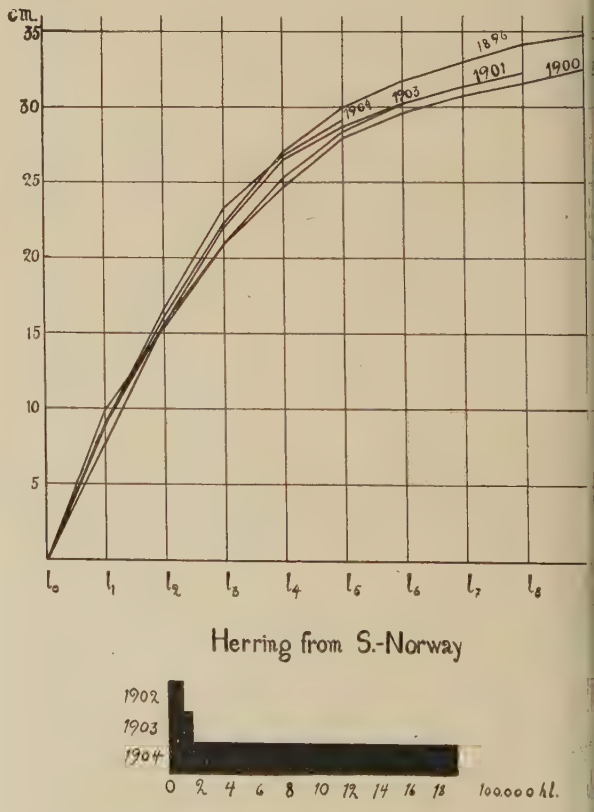

Fig. 3

number of year-classes of herring caught off the south-west coast of Norway. The curves are obtained by calculating the mean length of the individuals for each year of their lifetime (1). It will be observed that these curves are quite parallel, although the numbers of the year-classes in the fishermen's catches (see the bottom of the figure) showed so much fluctuation.

It is very interesting, in connection with the subject here under discussion, to compare the growth and numerical strength of the same species

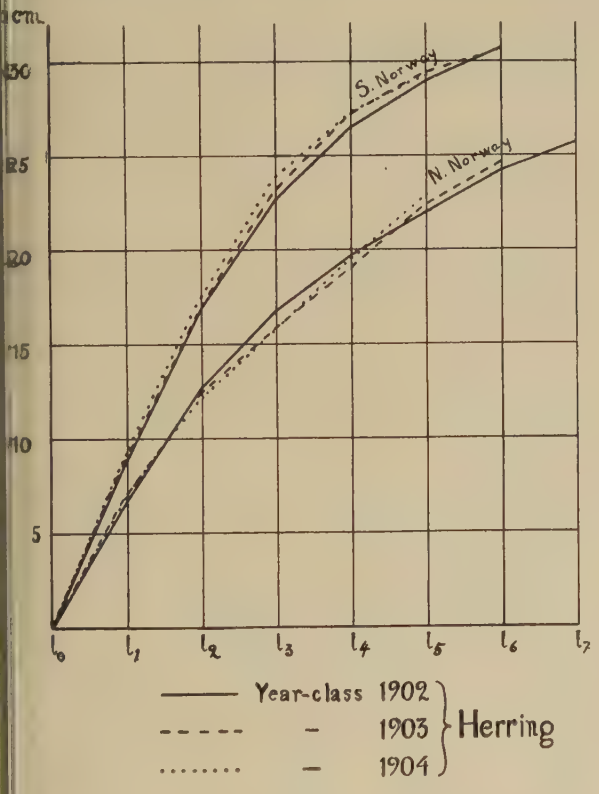

Fig. 4

at the same time in different parts of the area of its distribution. In figure 4 we have such a comparison of the growth of Norwegian herring stock from two different areas, off the south and off the north of Norway, comparing different periods of the year-classes 1902, 1903 and 1904. It will be observed that the mean growth of these three year-classes was exactly the same within each area, though the difference between the two areas was very considerable. This appears even more clearly, perhaps, if we compare the ratios (index, i) for the lengths (1) of the different ages in the three year-classes in the two areas (See table No. 1). Here the average length of the different year-classes within each region remains remarkably constant. This has already been demonstrated in earlier publications giving the average "types of

Table I.

Herring $i = \frac{l'}{l''}$

	Year-class	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	i_6	i_7
S-Norway / N-Norway	1902	1.31	1.33	1.35	1.34	1.31	1.27	
	1903	1.41	1.36	1.44	1.42	1.31	1.24	
	1904	1.29	1.42	1.50	1.39	1.29		
S-Norway / Kattegat	1900	1.58	1.13	0.89	0.91	0.88	0.88	0.87
	1901	1.24	1.02	0.91	0.84	0.83	0.84	0.84
	1902	1.43	1.03	0.91	0.86	0.85	0.85	
	1903	1.43	1.00	0.87	0.84	0.84		
	1904	1.27	0.90	0.82	0.82			

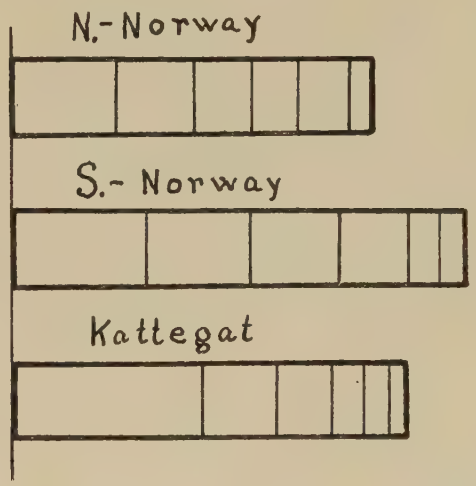

Fig. 5

growth" for various areas. The table also includes a similar comparison of growth in the waters off the south-west coast of Norway and in the Kattegat. Here again we find characteristic differences, but the table seems to suggest that the conditions in the Kattegat are more complicated than those off the Norwegian coast, a conclusion with which many other facts agree. (See also Fig. 5).

Similar evidence can be adduced from the study of other species of fish. The growth of Haddock from South-Iceland (Fig. 6) shows, according to Danish investigations, the same regularity, and B o w m a n has stated that it could not "be inferred from the results of the extensive and continuous investigations that the average growth rates of the successive broods" of Haddock "in their first years of life in comparable areas varied significantly with differences in brood densities".

We may therefore safely conclude that the hypothesis of an inverse ratio between the number of individuals in a given population and the growth of these individuals is by no means of *universal* application. One can well understand that this new growth postulate is very attractive. As shaped by L i e b i g in his theory of the master-

reaction it has played an enormous rôle in agriculture, and in the study of the physiology of the sea a great number of excellent scientists have tried of late to trace the increase and decrease of plankton organisms to some minimum substance, or to an unknown master-reaction.

The application of the idea to the study of the

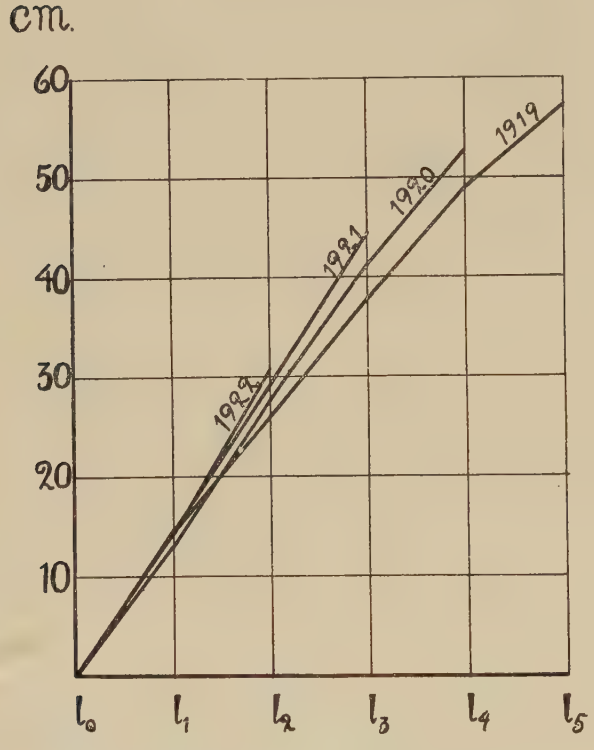

Fig. 6

plaice fisheries dates, no doubt, from Dr. C. G. Joh. Petersen's ingenious investigations, which I had the good fortune to follow from the very beginning. His belief in an overpopulation in the western Limfjord, his transplantation experiments and his observation of the increased growth of the transplanted plaice form the intellectual basis of all the later theories of the growth of plaice-populations. In our discussions, however, Petersen accepted the idea that the amount of the "means of subsistence" — the A — was a variable factor. He started, as we know, the study of the value of A, that is the number of the animals on which the plaice feeds, and he found that these animals fluctuated in number, just as fluctuations of the year-classes had been described in the Norwegian investigations of the fish-populations. He also laid the foundation of the study of the communities of these animals in different areas, depths and geographical parts of the sea and recognized very clearly the fact that *the fish encountered different feeding and hydrographical conditions as they migrated from one locality to another.*

In recent years Danish investigations have drawn attention to another important factor: — the differing capacity of individuals belonging to different races of a species to increase their weight, even when they are feeding in the same area of the sea. In the 37th report of the Danish Biological Station (1932) Blegvad has stated that plaice, transplanted from the North Sea to the Danish Belts, grow much more rapidly than the local stock of plaice in these waters.

From these points of view it seems quite clear that the question of a relationship between *weight* and *number* must be a very complicated one and that the weight of a fish not only depends upon the food present but varies with a *great number* of varying *factors (physical and chemical) of its environment.* The problem of what happens in the sea can, therefore, never be completely solved by feeding experiments, in which only the food given to the fish is varied and everything else is kept constant. That is only one consideration among many others. The *seasonal* growth of all boreal and arctic fishes alluded to above proves this clearly enough.

Investigations such as those which have been carried out in waters where the fish inhabit wide areas under similar conditions, as for instance on the banks off the Jutland coast, should give the clearest results. It is therefore extremely interesting that the Danish investigator, Mr. Aage J. C. Jensen, has found a practically *constant growth rate for plaice in years during which the density of plaice varied enormously* from one year to

Table II.

The average length of plaice of age groups II — V in the Southern Horns Reef Area. (After Aage J. C. Jensen).

Age group.	1925	1927	1932
II	12.9	13.4	13.5
III	16.3	19.1	16.2
IV	21.3	22.0	18.8
V	23.5	22.9	23.5

another (in 1925: 792, in 1927: 883, in 1932 1777 over the same area), whilst Dr. Blegvad with respect to the waters inside the Skaw, has been able to prove the existence of "*a large margin before a scarcity of food occurs not only further out from the coast in deeper waters but also on the 'nursery grounds'*".

I must therefore deny the possibility of making any calculations of an inverse ratio between growth and density of population on the basis of feeding experiments only. Malthus and Liebig

were, of course, both right in coming to the obvious conclusion, that no animal, nor organic substance, can develop in nature if the fundamental substances are absent; but it is incorrect to conclude that the development of life continues in all cases in nature until the very last substance available is consumed by the organisms. There will often be a surplus, a margin, and we can hunt for ever in vain for a biological explanation of the growth of populations if we hold that all growth of living organisms depends on one factor only. We find (see table III prepared for me by Dr. J. T. Ruud), that the nitrates and phosphates of the sea, which for a long time were considered as the master substances, are present in greater amounts in the Antarctic seas in the autumn, the

Table III.

	Nitrates				Phosphates			
	Max.	Min.	Consumption		Max.	Min.	Consumption	
	mg/m³	mg/m³	mg/m³	%	mg/m³	mg/m³	mg/m³	%
Antarctic water: Møre.	600	440	160	27	145	95	50	34
Atlantic water:	180	80	100	55	54	18	32	59
Coastal water: Denmark Strait.	69	9	60	87	32	5	27	85
Polar water:	90	0	90	100	20	0	20	100

time when the plants and animals die out there than they ever are in our northern waters.

In all experiments it is of the greatest importance to find the most simple conditions, which can be studied in a laboratory on the old principle that only one factor should be varied in one experiment. From this point of view biology has made enormous efforts to study the development of colonies of bacteria or yeast. We are familiar with the results of such experiments, in which bacteria or yeast cells have been cultivated in *closed vessels*. The resulting sigmoid curve has been interpreted as a composite of an incipient growth at a geometrical ratio ($y = ma^x$) and a subsequent transition into the sigmoid type. Many are the attempts to explain this curve by analogies with the mass-law. Very interesting, for instance, are the attempts made by Pearl and Reed and by T. B. Robertson, who compared the sigmoid-growth with the process of autocatalysis in chemistry and biological chemistry.

All these experiments are, however, hampered by the fact that they are unable to analyse the influence of the individual factors *separately*. The American physiologist Oscar W. Richards drew attention to this and tried to improve the experimental conditions by changing the medium of the culture so often that the yeast cells could be studied under experimental conditions, which not only varied the food but also the factors of the medium (le milieu externe). His results proved that the growth stopped *long before the maximal utilization of the foodstuffs of the medium*, and that the limiting factors were not the negative disappearance of the food of the medium but the positive appearance of the substances produced by the metabolism of the organisms (alcohol, organic acids).

In our laboratory Mr. Alf Klem has constructed a very much improved apparatus for conducting experiments of this kind, the yeast-cells being cultivated under constant external conditions, while the influence of each factor is studied separately. The results of such experiments have proved that

a. there is an *optimum* concentration of food in the medium and in all cases a margin between the concentration of the foodstuffs and the organisms' utilization of them.
b. the *free* development takes place in an unlimited geometrical ratio according to the celebrated formula of Malthus ($y = ma^x$) at a speed varying with the concentration of the food,
c. the *growth* can be varied by the influence of chemical and physical factors even if the optimal concentration of food is kept unchanged and constant all through the experiment.

These remarks do not by any means tend to weaken the new and increasing interest in what we have called the study of the physiological side of marine biology. On the contrary, it has been my desire throughout to strengthen this interest. At the same time it is of the greatest importance that no one-sided or partial application of the experimental method should weaken the grasp of the *complex phenomena*, which long and intensive work has really been able to obtain and contribute to the understanding of the vast and very obvious practical problems of the fisheries.

These enormous phenomena of nature cannot be dissolved into their ultimate elements and then again combined into a whole by complicated calculations. They must be *described in their changing complexity on the basis of observations in nature, and experiments must be carried out according to the ideas which arise out of observation or scientific experiments on a small scale.* Nothing but experiment can decide the question whether a saving of the younger year-classes will lead to a larger population and to an increased yield to the fishermen in a given area. This question has not been decided once and for all by the accidental experience gained during and after the „close season" of the war. During the „close season" of the war there was practically no

fishery of the *older* year-classes on the "offshore" grounds and a reduced fishery on the nursery grounds. The International Council has previously recommended an *intensive* fishing of the old year-classes and a *protection* of the *youngest year-classes*. No conclusion can therefore be drawn from the war-experience as to the efficacy of the International plan. *Experiments for the purpose of imitating the conditions which are supposed to result from this plan, are the only way.*

All things considered, therefore, I am quite unable to desert the leading idea, which has guided us from the beginning of this International work, namely that a method — of fishing and of government administration as well — should be devised that would prevent the enormous destruction of young fish which nature has created and which should be utilized in the best way.

It is clear that no general principle is discoverable, which could be adopted for all kinds of fish — perhaps with the one exception, that there should be no destruction of young fish without serving some useful human purpose. The enormous work of the International Council seems to me to support this view.

Nevertheless it is clear that the specific modification of this principle in individual cases is by no means a question which can be solved by pure science only. We have sufficient reason — from earlier experience — to be very anxious to draw a sharp line between the purely scientific and the administrative points of view and to guard with anxiety the terms of reference which have been given to us as a scientific body.

As a scientific body we may experiment and discuss the influence of all kinds of factors — *ad infinitum*. But as human beings and friends of the fishing industry it seems to me of vital importance to pass an urgent resolution requesting the governments of the countries bordering the North Sea to take advantage of the results which the International Council for the Exploration of the Sea has produced. For each species, and especially for Haddock and Plaice, experimental administration and practical experiments on a commercial scale must be organized, to investigate the question whether the enormous waste of small fish can be avoided. The experimental use of suitable gear will furnish data which will help us to judge the economic prospects of a fishery carried on with such gear on a commercial scale. The introduction of the Danish plaice seine on the huge scale of late years is an indication of what such work may accomplish.